

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-127363

(43)Date of publication of application : 08.05.2003

-----  
(51)Int.Cl. B41J 2/045

B41J 2/055

-----  
(21)Application number : 2001-328765 (71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 26.10.2001 (72)Inventor : OKUDA SHINICHI

-----  
(54) HEAD AND DEVICE FOR INK JET RECORDING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ink jet recording head capable of performing high quality and high speed recording by increasing the arranged density of nozzles in a matrix arranged head in which ejectors are arranged in a two dimensional manner.

SOLUTION: In the ink jet recording head in which nozzles 2 are arranged in two dimensional manner, a pressure generating chamber 1 and a common channel 4 are arranged so as to be overlapped with each other, and the common channel 4 is made to be of a constricted shape having a wider portion and a narrow portion. A sufficient acoustic capacitance is secured in the common channel 4 by making the common channel 4 a constricted shape to locally enlarge the width. Thus, even if a nozzle pitch  $P_c$  is set narrow, stable recording becomes possible, so that the ink jet recording head having a high nozzle density can be achieved.

-----  
LEGAL STATUS [Date of request for examination] 17.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted

registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Two or more ejectors by which each was arranged two-dimensional including the nozzle which is open for free passage in a pressure generating room and this pressure generating room, and the pressure generating means, It has an ink supply system including the common passage which connects two or more said ejectors. Said pressure generating room is filled up with ink through said common passage, and the ink of said pressure generating interior of a room is made to produce pressure variation with said pressure generating means. The ink jet recording head which is an ink jet recording head which makes an ink droplet breathe out from said nozzle, and is characterized by being the vena-contracta configuration which is arranged and has a part with wide width of face, and a part with narrow width of face so that said common passage may overlap said pressure generating room superficially.

[Claim 2] The ink jet recording head according to claim 1 characterized by being set up so that width of face may be small between said nozzles which the configuration of said common passage adjoins across said common passage and width of face may become large in the other part.

[Claim 3] An ink jet recording head given in claim 1 or any of 2 they are. [ which is characterized by the member which forms said nozzle serving as the air damper of said common passage ]

[Claim 4] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by the member which forms said nozzle consisting of resin films thru/or any 1 term of 3.

[Claim 5] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by being set up so that the acoustic capacitance cp of said common passage may satisfy the following conditional-expression  $cp > 20cc$  if cc is made into the acoustic capacitance of said pressure generating room thru/or any 1 term of 4.

[Claim 6] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by being set up so that the acoustic capacitance cp of said common passage may satisfy the next conditional-expression  $cp > 10cn$  if cn is made into the acoustic

capacitance of said nozzle thru/or any 1 term of 5.

[Claim 7] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by setting up passage resistance of said ink supply system so that it may not become larger than the regurgitation period to mean by the pressure drawdown in said common passage which the refill time amount at the time of carrying out the continuation regurgitation of the ink droplet produces from said nozzle by the semi- steady ink flow in said ink supply system thru/or any 1 term of 6.

[Claim 8] The ink jet recording head according to claim 7 characterized by setting up passage resistance of said ink supply system so that the pressure drawdown of said common passage at the time of carrying out the continuation regurgitation of the ink droplet may be set to 800Pa or less from said nozzle.

[Claim 9] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by the flat-surface configuration of said common passage in said vena-contracta configuration part being constituted by the smooth curve thru/or any 1 term of 8.

[Claim 10] An ink jet recording head given in claim 1 characterized by said ink supply system including said two or more common passage and the 2nd community passage which opens said two or more common passage for free passage mutually thru/or any 1 term of 9.

[Claim 11] The ink jet recording head according to claim 10 to which the ink feed hopper for supplying ink to said 2nd community passage is characterized by being prepared near the center of said 2nd community passage.

[Claim 12] An ink jet recording head given in claim 10 or any of 11 they are. [ which is characterized by preparing two or more ink feed hoppers for supplying ink in said 2nd community passage to said one 2nd community passage ]

[Claim 13] An ink jet recording head given in claim 10 characterized by having two or more said 2nd community passage thru/or any 1 term of 12.

[Claim 14] The ink jet recording head according to claim 13 which divides said two or more common passage into two or more groups, and is characterized by connecting said common passage of each group to said respectively separate 2nd community passage.

[Claim 15] An ink jet recording head given in claim 10 characterized by being arranged so that said common passage may become almost parallel to the main scanning direction of an ink jet recording head, and being arranged so that said 2nd community passage may become almost perpendicular to said main scanning direction thru/or any 1 term of 14.

[Claim 16] An ink jet recording head given in claim 10 characterized by being arranged so that said common passage may become almost perpendicular to the main scanning direction of an ink jet recording head, and being arranged so that said 2nd community passage may become almost parallel to said main scanning direction thru/or any 1 term of 14.

[Claim 17] The ink jet recording device characterized by equipping claim 1 thru/or any 1 term of 16 with the ink jet recording head of a publication.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ink jet recording head and ink jet recording device which breathe out an ink droplet from a nozzle and perform record of an alphabetic character or an image.

[0002]

[Description of the Prior Art] The pressure generating interior of a room where it filled up with ink is made to generate a pressure wave (acoustic wave) using pressure generating means, such as an electrostrictive actuator, and, generally the drop on-demand mold ink jet which carries out the regurgitation of the ink droplet from the nozzle which was open for free passage in the pressure generating room with the pressure wave is known well (JP,53-12138,B, JP,10-193587,A).

[0003] Drawing 23 shows an example of the ejector in a well-known ink jet recording apparatus in the above-mentioned official report etc. An ejector 10 is constituted by the common passage 4, an air damper 26, the ink supply way 5, a diaphragm 8, an electrostrictive actuator 3, the pressure generating room 1, and the nozzle 2. Usually, one ejector 10 has one nozzle 2. In the pressure generating room 1, the nozzle 2 for carrying out the regurgitation of the ink and the ink supply way 5 for leading ink from an ink tank (not shown) through the common passage 4 are open for free passage. An air damper 26 is formed above the common passage 4, and absorbs a pressure. Moreover, a diaphragm 6 is formed in the base of the pressure generating room 1, and the electrostrictive actuator 7 is attached in the exterior of a diaphragm 6.

[0004] At the time of the regurgitation of an ink droplet 8, an electrostrictive actuator 7 carries out the variation rate of the diaphragm 6, makes the pressure generating room 1 produce a volume change, and generates a pressure wave. By this pressure wave, it is injected outside through a nozzle 2, and some ink with which it filled up in the pressure generating room 1 serves as an ink droplet 8, and it flies. The ink droplet 8 which flew reaches the target on record media, such as the recording paper, and forms a record dot. An alphabetic character and an image are recorded on a record medium by performing formation of such a record dot repeatedly based on image data.

[0005] Drawing 24 shows typically meniscus actuation of the nozzle 2 before and behind the regurgitation of an ink droplet 8. When, as for the meniscus 9 which was in the start almost flat condition, the pressure generating room 1 is compressed, it moves toward the exterior of a nozzle 2 and an ink droplet 8 is made to breathe out, as shown in this drawing (a) (this drawing (b)). Immediately after the regurgitation of an ink droplet 8, in order that the amount of ink of the nozzle 2 interior may decrease, the meniscus 9 of a concave configuration is formed (this drawing (c)). y shown all over drawing is the amount of displacement of the meniscus 9 after this regurgitation. According to an operation of the surface tension of ink, through the condition which shows in this drawing (d) and (e), the meniscus 9 which became a concave configuration returns to opening of a nozzle 2 gradually, and is soon recovered in the condition in front of the regurgitation (this drawing (f)).

[0006] Drawing 25 shows location change of the meniscus 9 just behind the regurgitation of an ink droplet 8. The meniscus 9 ( $y=-60\mu\text{m}$ ) which retreated greatly immediately after the regurgitation ( $t=0$ ) returns to an initial valve position ( $y=0$ ), vibrating, as shown in this drawing. Time amount until a meniscus 9 returns the thing of return actuation of the meniscus 9 after the regurgitation of such an ink droplet 8 to the effective area of a nozzle 2 first after a refill, a call, and the regurgitation of an ink droplet 8 is called refill time amount ( $t_r$ ).

[0007] In an ink jet recording head, the greatest parameter which influences a recording rate is the number of nozzles 2. There can be many dots which can be formed in per unit time amount, and it can improve a recording rate, so that there are many nozzles 2. Therefore, in the usual ink jet recording apparatus, many recording heads of the

multi-nozzle mold which connected two or more ejectors 10 are used. Drawing 26 shows the recording head which carried out one-dimensional array of the ejector 10. A recording head is constituted by the ink tank 20, the ink ducts 18a and 18b, a filter 19, and the ejector 10. The ink tank 20 is connected with the common passage 4 through the ink ducts 18a and 18b and a filter 19, and two or more ejectors 10 are open for free passage to this common passage 4.

[0008] However, with the structure of arranging such an ejector 10 in one dimension, the number of ejectors 10 cannot be increased so much, but about 100 pieces are usually called upper limit. Then, the ink jet recording head (it is hereafter called a matrix array head) to which the number of ejectors was made to increase is partly proposed by carrying out the matrix array of the ejector two-dimensional until now (JP,1-208146,A, Patent Publication Heisei No. 508808 [ ten to ] official report, etc.).

[0009] Drawing 27 shows an example of a matrix array head. It newly has the 2nd community passage 16, and the common passage 4 is different from the recording head of drawing 26 at the point existing [ two or more ]. Each common passage 4 is open for free passage to the 2nd community passage 16, and two or more connection of the ejector 10 is made in each common passage 4. Such matrix array head structure is very effective in making the number of ejectors 10 increase. For example, it becomes possible by setting the number of the common passage 4 to 26, and connecting ten ejectors 10 to each common passage 4 to make 260 ejectors 10 arrange.

[0010] Drawing 28 shows the ink jet recording head indicated by the Patent Publication Heisei No. 508808 [ ten to ] official report, (a) shows the cross section of an ejector 10 and (b) shows arrangement of an ejector 10 typically. As shown in this drawing (a), an ink jet recording head consists of the pressure generating room 1, a nozzle 2, the fate path 3, the ink supply way 5, a diaphragm 6, an electrostrictive actuator 7, and passage 23. This ink jet recording head is formed by making a nozzle plate 11, the passage plate 25, and a diaphragm 6 rival. The septum 27 has the thickness from which the pressure of the pressure generating room 1 is not transmitted to passage 23. As shown in this drawing (b), passage 23 is open for free passage to passage 24. This passage 23 is equivalent to the common passage 4 of drawing 27 , and passage 24 is equivalent to the 2nd community passage 16.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, with drawing 27 and the conventional matrix array head as shown in 28, spacing (nozzle pitch  $P_c$ ) of the nozzle 2 which faced across the common passage 4 could not be small set up as the 1st technical problem, but there was a problem that the array consistency (the number of nozzles per unit area) of an ejector 10 could not be made not much high as a result.

[0012] Drawing 29 shows the equivalence electrical circuit of a matrix array head.  $m$  -- an inductance [ $\text{kg/m}^4$ ] and  $r$  -- acoustic resistance [ $\text{Ns/m}^5$ ] and  $c$  -- acoustic capacitance [ $\text{m}^5/\text{N}$ ] and  $\phi$  -- a pressure [ $\text{Pa}$ ] -- expressing --  $d$  of a subscript -- a mechanical component and  $c$  -- a pressure generating room and  $i$  -- an ink supply way and  $n$  -- a nozzle and  $p$  -- common passage and  $p'$  -- the -- 2 common passage is meant, respectively. With the matrix array head which arranged the ejector 10 two-dimensional, as shown in drawing 29 , many ejectors 10 are open for free passage with the common passage 4 and the 2nd community passage 16. Therefore, when there are many ejectors 10 which were open for free passage to the same common passage 4, it is necessary to control the cross talk between the approaching ejectors 10 (pressure interference) etc., and to secure big acoustic capacitance in the common passage 4.

[0013] However, in order to make the acoustic capacitance of the common passage 4 increase so that it may mention later, it is necessary to set up the width of face of the common passage 4 greatly. Therefore, with the

conventional matrix array head, the nozzle pitch  $P_c$  between the nozzles 2 which counter across the common passage 4 was not able to become large, and a high nozzle configuration consistency was not able to be realized.

[0014] Furthermore, as the 2nd technical problem in the conventional matrix array head, when the regurgitation (RF coincidence regurgitation) of the ink droplet 8 of a major diameter was carried out to coincidence from two or more ejectors 10 with a period short from two or more ejectors 10, there was a problem that a discharge condition destabilized. Drawing 30 changes the drop volume of an ink droplet 8, and a regurgitation frequency using the conventional matrix array head, it is an example of a result which investigated the stability of the regurgitation, and (A) shows ink droplet volume 20pl, and (B) shows the result at the time of ink droplet volume 30pl. In addition, the stability of the regurgitation was evaluated as change of the flight rate (drop speed) of an ink droplet 8.

[0015] As shown in a graph (A), when the ink droplet of drop volume 20pl was breathed out to coincidence from 260 ejectors 10 by which the matrix array was carried out, destabilization of drop speed was checked on the regurgitation frequency of 10kHz or more, and it became the non-regurgitation above 15kHz. As a result of carrying out stroboscope observation of the discharge condition of the ink droplet 8 at this time, on the regurgitation frequency of 10kHz or more, many discharge conditions by which the drop of a major diameter and the drop of a minor diameter are breathed out by turns were observed, and also when a drop diameter and drop speed changed at random, it was observed. Moreover, when the drop volume was increased to 30pl(s), as shown in a graph (B), the same regurgitation destabilization was observed on the regurgitation frequency of 7kHz or more.

[0016] It turned out that it is easy to generate when a regurgitation frequency is high, or when the path of the ink droplet 8 made to breathe out is large, and when [ when there are many ejectors 10 to which the coincidence regurgitation of the above-mentioned regurgitation destabilization phenomenon is carried out as a result of experiment evaluation, or ]. Moreover, generating of regurgitation destabilization checked that all the ejectors 10 connected to the same common passage 4 destabilized almost similarly. If it thinks from such an observation result, it can be said that the above-mentioned regurgitation destabilization phenomenon is not a thing resulting from the acoustical cross talk between each ejector 10, but is a new regurgitation destabilization phenomenon which is not regarded as questionable conventionally.

[0017] If the above regurgitation destabilization phenomena occur, since the drop volume and drop speed of an ink droplet 8 will become very unstable, the quality of an output image will deteriorate sharply. Moreover, when the degree of destabilization is remarkable, air bubbles are involved in the nozzle 2 interior, and the non-regurgitation may be produced. Since such a regurgitation destabilization phenomenon occurred, with the conventional matrix array head, the RF coincidence regurgitation of the ink droplet 8 of a major diameter was not able to be carried out from many ejectors 10, and the description of the matrix array head of being advantageous to high-speed record was not fully able to be demonstrated.

[0018] This invention realizes a matrix array head with a high nozzle configuration consistency with a low manufacturing cost, and aims at offering the matrix array head which controls the regurgitation destabilization phenomenon generated in case the RF coincidence regurgitation of the major-diameter ink droplet is further carried out from two or more ejectors, and enables stable high-speed record.

[0019]

[Means for Solving the Problem] In order to prevent the cross talk generated between the ejectors of an ink jet recording head, as a result of repeating various examination, this invention person hits on an idea in the following

knowledge, and came to accomplish this invention. Here, there is relation with close acoustic capacitance of the common passage 4 and width of face of the common passage 4. The acoustic capacitance  $c_v$  of the common passage 4 is expressed with a bottom type when the rigidity of a common passage wall is high. \*\*\*\* is a correction factor for which the volume [m<sup>3</sup>] of the common passage 4 and  $\kappa$  depend for on the elastic modulus [Pa] of ink, and  $K_1$  depends on the rigidity of a common passage wall, and usually becomes about 0.3 to 0.7 value.

$$c_v = \frac{****}{(\kappa K_1)} \quad (1)$$

The acoustic capacitance of the common passage 4 is proportional to the volume \*\*\*\* of common passage. Since there is an upper limit in the height of the common passage 4 (usually about 100-200 micrometers), in order to secure big acoustic capacitance (volume), it is necessary to set up the width of face of the common passage 4 greatly.

[0020] Moreover, the acoustic capacitance of the common passage 4 can also be made to increase by giving the rigid small air damper 26 to a part of common passage 4, as shown in drawing 23. in this case, the acoustic capacitance  $c_d$  given to the common passage 4 by the air damper 26 – air damper width of face is computable from a degree type, if  $W_d$  [m] and air damper thickness are set to  $t_d$  [m] and the Poisson's ratio of  $E_d$  [Pa] and an air damper is set [ air damper die length ] to  $n_d$  for the elastic modulus of  $I_d$  [m] and an air damper.

[Equation 1]

$$c_d = \frac{I_d W_d^5 (1 - \nu_d^2)}{60 E_d t_d^3} \quad (2)$$

That is, the acoustic capacitance  $c_d$  given by the air damper 26 is proportional to the 5th power of the air damper width of face  $W_d$ . In the ink jet recording head shown in drawing 23, the width of face of an air damper 26 needs to set up the width of face of the common passage 4 greatly, in order to set acoustic capacitance  $c_d$  as a big value, since it is the width of face of the common passage 4. The acoustic capacitance  $c_p$  of the whole common passage serves as a value which added  $c_v$  and  $c_p$ .

[0021] As mentioned above, in order to secure big acoustic capacitance in the common passage 4, it is necessary to set up the width of face of the common passage 4 greatly. However, with the conventional matrix array head as shown in drawing 28, in order to secure big width of face in the common passage 4, the nozzle pitch  $P_c$  will have to be set up very greatly, therefore the array consistency of a nozzle will decrease. That is, with the conventional matrix array head as showed common passage to drawing 28 formed in the shape of a straight line, from the requirements on structure, the nozzle pitch  $P_c$  had to be set up so that the following conditional expression might be satisfied. Here,  $W_p$  of the necessary width of face of passage 23 and  $dT$  are [ the path of the free passage way 3 and  $WW_1$  ] the septum width of face between the free passage way 3 and passage 23.

$$P_c > W_p + dT + 2WW_1 \quad (3)$$

With this matrix array head, as for this, the free passage way 3 is formed in the same flat surface of passage 23, and both are because it must be separated by the septum 27.

[0022] The free passage way 3 is asked for the function to stabilize the discharge direction of an ink droplet 8 at the same time it leads ink to a nozzle 2 with low fluid resistance. For this reason, a to some extent big path is needed, and it is about 100-150 micrometers in a general ink jet recording head. Moreover, in order that the septum 27 between the free passage way 3 and passage 23 may perform junction with a nozzle plate etc., a certain amount of

width of face is needed. For example, in joining the passage plate 25 and a nozzle plate 11 with adhesives, if width of face of a septum 27 is not set as 100 micrometers or more, it will become easy to generate an adhesive agent. If an adhesive agent occurs, pressure wave leak will occur between the free passage way 3 and passage 23, and the problem of it becoming impossible to perform normal pressure wave generating will arise. Thus, since the magnitude more than fixed was needed for the diameter dT of a ream path, and the septum width of face WW1, it was difficult to set up the nozzle pitch Pc small and to realize a high nozzle configuration consistency with the conventional matrix array head which has the straight-line-like passage 23.

[0023] It is based on the above-mentioned knowledge. The ink jet recording head of this invention The nozzle which each opens for free passage in a pressure generating room and this pressure generating room, and two or more ejectors by which it was arranged two-dimensional including the pressure generating means, It has an ink supply system including the common passage which connects two or more ejectors. A pressure generating room is filled up with ink through common passage, and the ink of the pressure generating interior of a room is made to produce pressure variation with a pressure generating means. It is characterized by being the vena-contracta configuration which is the ink jet recording head which makes an ink droplet breathe out from a nozzle, is arranged and has a part with wide width of face, and a part with narrow width of face so that common passage may overlap a pressure generating room superficially.

[0024] Width of face is small between two nozzles which counter across common passage as a gestalt of a vena-contracta configuration, and it is suitable to be set up so that width of face may become large in the other part. In the ink jet recording head of this invention, the width of face of common passage is partially expanded greatly by being narrow and making common passage into a configuration. Thereby, even if it sets up the nozzle pitch Pc conventionally smaller than a head, it becomes possible to secure sufficient acoustic capacitance. In the ink jet recording head of this invention, when septum width of face between W1 and common passage is set to WW2 for the width of face of common passage (refer to drawing 5 ), it becomes possible to set the nozzle pitch Pc as the next range.

$$Pc > W1 + WW2 \quad (4)$$

Although WW2 serves as a value almost comparable as WW1, since the pressure wave leak between common passage does not make a regurgitation property generate a big problem, WW2 can also be set up smaller than WW1. That is, in the ink jet recording head of this invention, compared with the conventional matrix array head, only a part [ at least / (dT+WW1) ] can decrease the nozzle pitch Pc, and it becomes possible to increase the array consistency of a nozzle sharply.

[0025] Moreover, the ink jet recording head of this invention is characterized by the member which forms a nozzle serving as the air damper of common passage. The air damper of common passage can be constituted from few members by this, and the effectiveness that an ink jet recording head with a high nozzle configuration consistency is realizable with a low manufacturing cost is acquired.

[0026] Moreover, the member which forms a nozzle is constituted from the ink jet recording head of this invention by the resin film. Big acoustic capacitance can be secured to an air damper by this, the acoustic capacitance made necessary in the common passage where width of face is narrow can be obtained, and it becomes possible to make the array consistency of a nozzle increase further.

[0027] Moreover, the ink jet recording head of this invention is set up so that the acoustic capacitance cp of common



passage may satisfy the following conditional expression.

cp> Thereby, generating of the acoustical cross talk between each ejector can be prevented, and 20 cc of effectiveness that an ink jet recording head with high homogeneity of a regurgitation property and stability is realizable is acquired.

[0028] Moreover, the ink jet recording head of this invention is set up so that the acoustic capacitance cp of common passage may satisfy the following conditional expression.

cp> 10 cn, thereby, the increment in refill time amount when carrying out the coincidence regurgitation of two or more ejectors can be prevented, and the effectiveness that the homogeneity of a regurgitation property and stability can be improved further is acquired.

[0029] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, passage resistance of an ink supply system is set up so that the refill time amount at the time of carrying out the continuation regurgitation of the ink droplet from a nozzle may not become larger than the regurgitation period to mean by the pressure drawdown in the common passage produced by the semi- steady ink flow in an ink supply system.

[0030] Furthermore, passage resistance of an ink supply system is set up so that the pressure drawdown of the common passage at the time of carrying out the continuation regurgitation of the ink droplet may be set to 800Pa or less from a nozzle.

[0031] The regurgitation destabilization phenomenon generated by this when the RF coincidence regurgitation of the major-diameter ink droplet is carried out from two or more ejectors can be controlled, and it becomes possible to realize the ink jet recording head suitable for high-speed record.

[0032] Moreover, the flat-surface configuration of the common passage in a vena-contracta configuration part is constituted from an ink jet recording head of this invention by the smooth curve. Since the ink flow in common passage can be equalized and a cellular residual in common passage can be prevented by this, it becomes possible to realize a reliable ink jet recording head.

[0033] the [ moreover, / with which an ink supply system connects two or more common passage and two or more of these common passage in the ink jet recording head of this invention ] -- 2 common passage -- containing -- \*\*\*\* -- last \*\* Thereby, ink supply can be efficiently performed to many ejectors, and the effectiveness that the size of the whole head can be decreased is acquired.

[0034] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, the ink feed hopper for supplying ink to the 2nd community passage is prepared near the center of the 2nd community passage. Thereby, the necessary width of face of the 2nd community passage can be reduced, and the effectiveness that head size can be decreased is acquired.

[0035] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, two or more ink feed hoppers for supplying ink to the 2nd community passage are prepared. While being able to reduce the necessary width of face of the 2nd community passage and being able to decrease head size by this, the ink jet recording head which cannot be easily influenced of passage plugging by dust etc. is realizable.

[0036] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, two or more possession of the 2nd community passage is carried out. While being able to reduce the necessary width of face of the 2nd community passage and being able to decrease head size by this, the effectiveness that cellular survival in the 2nd community passage can be prevented is acquired.

[0037] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, it is arranged so that common passage may become almost parallel to the main scanning direction of an ink jet recording head, and it is arranged so that the 2nd community passage may become almost perpendicular to a main scanning direction. Thereby, since the head overall length of the direction of vertical scanning can be set up short, the distance between rollers for record-medium conveyance is set up short, and the effectiveness that conveyance of a record medium can be stabilized is acquired.

[0038] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, it is arranged so that common passage may become almost perpendicular to the main scanning direction of an ink jet recording head, and it is arranged so that the 2nd community passage may become almost parallel to a main scanning direction. Thereby, the head full one of a main scanning direction can be set up short, and an ink jet recording head still more advantageous to high-speed record can be realized.

[0039] Moreover, in the ink jet recording head of this invention, two or more common passage is divided into two or more groups, and each group's common passage is connected to the respectively separate 2nd community passage. Thereby, the necessary cross section of common passage and/or the 2nd community passage can be reduced, and the effectiveness of the ability to make a nozzle configuration consistency increasing further is acquired.

[0040] The ink jet recording apparatus concerning this invention is characterized by having the ink jet recording head. According to such an ink jet recording apparatus, the ink jet recording apparatus which has a very high recording rate is realizable.

[0041]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, this invention is explained in more detail based on the example of an operation gestalt of this invention.

[0042] Example drawing 1 of the 1st operation gestalt shows the cross section of the ejector 10 of the ink jet recording head of the example of the 1st operation gestalt. An ejector 10 is constituted including the pressure generating room 1, a nozzle 2, the fate path 3, the common passage 4, the ink supply way 5, a diaphragm 6, and an electrostrictive actuator 7.

[0043] The pressure generating room 1 is open for free passage to the common passage 4 through the ink supply way 5, and it fills up with ink in the pressure generating room 1. In the pressure generating room 1, the nozzle 2 for carrying out the regurgitation of the ink droplet 8 is open for free passage. Moreover, the base of the pressure generating room 1 serves as a diaphragm 6, and the electrostrictive actuator (piezoelectric transducer) 7 which generates a pressure is attached in a diaphragm 6. When driver voltage is impressed to this electrostrictive actuator 7, an electrostrictive actuator 7 bends, a diaphragm 6 is minded and the pressure generating room 1 is made to expand or compress. if a volume change arises in the pressure generating room 1 -- the pressure generating interior of a room -- a pressure wave occurs in 1. Ink receives the force according to an operation of this pressure wave, and an ink droplet 8 is formed by being discharged from a nozzle 2 outside.

[0044] Drawing 2 shows the configuration of the ink jet recording head which arranged the ejector 10 of drawing 1 two-dimensional. An ink jet recording head consists of a total of a nozzle plate 11, the common passage plate 12, the supply way plate 13, the pressure generating room plate 15, and five plates of a diaphragm 6. By carrying out laminating junction of these with adhesives, two or more ejectors 10 arranged in the shape of an array and the 2nd community passage 16 to which ink is supplied through the ink supply way 17 are formed. In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, the common passage 4 and the pressure generating room 1 are

arranged so that it may lap superficially, acoustic capacitance is secured by the common passage 4 being narrow and having a configuration, and generating of a cross talk is prevented.

[0045] As shown in drawing 2, the common passage 4 is open for free passage with the 2nd community passage 16 which has been arranged so that it may become almost parallel to the main scanning direction of a head, and has been arranged so that it may become almost parallel to the direction of vertical scanning. The 2nd community passage 16 is open for free passage with the ink tank (not shown) through the ink feed hopper 17, and carries out the role which supplies ink to each common passage 4. In the common passage 4, the pressure generating room 1 is open for free passage. In this example of an operation gestalt, 26 common passage 4 was opened for free passage to the 2nd community passage 16, and the number of nozzles became the ink jet recording head whose number is 260 by having arranged ten ejectors 10 in each common passage 4.

[0046] Drawing 3 shows typically the array approach of the ejector 10 in this example of an operation gestalt. As shown in this drawing (a), the ejector 10 which was open for free passage to the same common passage 4 in the process which shifts only a PG (the number of ejectors 10 with which  $=P_c/n$ ;  $n$  is connected to the same common passage 4) in the direction of vertical scanning, is arranged in it, respectively, and scans a head to a main scanning direction. The dot train of a pitch PG is formed by carrying out the regurgitation of the ink droplet 8 from the ejector 10 of each train, shifting regurgitation timing. This drawing (b) expresses the regurgitation timing of each ejector 10 train in this example of an operation gestalt. In this example of an operation gestalt, the scan speed of 600 micrometers and a head is set as 1 m/s for the distance  $P_n$  between trains. Therefore, a dot can be made to reach the same location to a main scanning direction by shifting the regurgitation timing of each train for 600 microseconds, and making it breathe out, as shown in this drawing (b). Thus, it is one of the features that a matrix array head is big that a dot train with a small pitch PG can be formed by one head scan.

[0047] In this example of an operation gestalt, the polyimide film with a thickness of 25 micrometers was used for the nozzle plate 11 ( $E_d=2.0\text{GPa}$ ,  $\nu_d=0.4$ ), and the nozzle 2 of 25 micrometers of diameters of opening was formed by excimer laser processing. This nozzle plate functions also as an air damper 26 of common passage so that it may mention later. The ink supply way 5 of 26 micrometers of diameters of opening was formed in the supply way plate 13 with a press using the stainless plate with a thickness of 75 micrometers. The passage pattern was formed in the common passage plate 12 and the pressure generating room plate 15 by wet etching using the stainless plate with a thickness of 120 micrometers.

[0048] Die length of one side used to 400 micrometers, the aspect ratio (aspect ratio) used the pressure generating room 1 as the square of 1, and in order to prevent the stagnation of ink flow, it gave R configuration to the corner of the pressure generating room 1. As shown in drawing 1, the common passage 4 is arranged so that the pressure generating room 1 may be overlapped superficially. In addition, it says concluding that it overlaps superficially from the scan-layer side of a head, and overlapping. It calls only overlapping below. Thus, if the common passage 4 is arranged so that the pressure generating room 1 may be overlapped, since the common passage 4 and the pressure generating room 1 can be efficiently arranged in a small area compared with the case where the common passage 4 and the pressure generating room 1 have been arranged in the same flat surface, it becomes advantageous to the miniaturization (high density array of an ejector 10) of a head. Veneer-like piezo-electricity ceramics with a thickness of 30 micrometers was used for the diaphragm 6 at the electrostrictive actuator 7, using a stainless plate with a thickness of 10 micrometers.

[0049] Drawing 4 is an example of a driver voltage wave impressed to the electrostrictive actuator 7. This driver voltage wave is constituted by the 1st electrical-potential-difference change (pressure up) process 51 of changing an electrical potential difference in the direction which compresses the pressure generating room 1, and the 2nd electrical-potential-difference change (pressure lowering) process 52 for returning applied voltage at the original bias voltage ( $V_b$ ). When  $V_1$  was set as 30V in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, it was possible to have carried out the regurgitation of the ink droplet of drop volume 20pl. Moreover, the refill time amount at the time of a single nozzle drive ( $t_r$ ) was 35 microseconds.

[0050] Drawing 5 shows the array of an ejector 10 typically. In addition, the nozzle location gap of the pitch PG shown in drawing 3 is omitted and shown. Drawing 5 is the A-A view Fig. of drawing 1. The width of face of the common passage 4 is carrying out a vena-contracta configuration which serves as min ( $W_2$ ) between nozzle A-B which counters across the common passage 4, and serves as max ( $W_1$ ) between nozzle A-C which adjoins along the common passage 4. Since common passage 4 is made into such a vena-contracta configuration, big width of face ( $W_1$ ) can be partially secured in the common passage 4, and big acoustic capacitance can be obtained. That is, it becomes possible to secure the acoustic capacitance needed for common passage in the small nozzle pitch  $P_c$  conventionally made common passage the shape of a straight line as compared with a head.

[0051] In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, the width of face  $WW_2$  of the septum 41 between 100 micrometers and the common passage 4 was set [ the maximum width ( $W_1$ ) of the common passage 4 / the path ( $dT$ ) of 500 micrometers and the free passage way 3 ] as 100 micrometers for the width of face  $WW_1$  of the septum 40 between 150 micrometers, the free passage way 3, and the common passage 4. For this reason, the nozzle pitch  $P_c$  between the nozzles 2 which adjoin across the common passage 4 was set to 600 micrometers ( $=W_1+WW_2$ ), and the minimum width of face ( $W_2$ ) of the common passage 4 was set to 250 micrometers ( $=P_c-dT-2WW_1$ ). The nozzle pitch  $P_n$  between the nozzles 2 which adjoin along the common passage 4 was set as 600 micrometers.

[0052] The top face of the common passage 4 consists of rigid low nozzle plates 11, and this part functions as an air damper 26. In this ink jet recording head, the acoustic capacitance  $c_p$  ( $**cd$ ) of the common passage 4 (air damper 26) per ejector 10 formula (1) Reaches, and is set to 5/N from (2) about  $8.4 \times 10$  to 18 m.

[0053] Here, the knowledge which this invention person clarified about the acoustic capacitance needed for the common passage 4 is explained. About the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, this invention person performed equal circuit analysis using the circuit model shown in drawing 6, and conducted the actual expulsion-of-an-ink-droplet experiment. Consequently, the incidence rate of the acoustical cross talk through the common passage 4 is dependent on the ratio of the acoustic capacitance  $c_p$  of the common passage 4, and the acoustic capacitance  $c_c$  of the pressure generating room 1, and is  $c_p > 20c_c$  (5).

When filling \*\*\*\*\* , it found out that generating of a cross talk could be prevented. In addition, the equal circuit of drawing 6 is the circuit model which started one common passage 4.

[0054] The acoustic capacitance  $c_c$  of the pressure generating room 1 is expressed with a degree type when the correction factor which depends a pressure chamber volume for the elastic modulus of  $V_c$  [ $m^3$ ] and ink on the rigidity of  $\kappa$  [Pa] and a pressure generating room etc. is set to  $K_2$ .

$$c_c = V_c / (\kappa - K_2) \quad (6)$$

Moreover, the acoustic capacitance  $c_p$  of the common passage 4 is calculated by the formula (1) and the formula (2).

In addition, acoustic capacitance  $c_p$  is the acoustic capacitance per ejector, for example, the acoustic capacitance of the common passage 4 whole is  $1 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ , and when ten ejectors 10 are equally connected to the common passage 4,  $c_p$  serves as  $0.1 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ . When equal arrangement of the ejector 10 is not carried out, corresponding to an arrangement condition, the acoustic capacitance of the common passage 4 is distributed to each ejector 10. In this example of an operation gestalt, since equal arrangement of the ejector 10 is carried out in the pitch ( $P_n$ ) of 600 micrometers, if the die length of an air damper 26 is calculated as  $l_d = 600 \text{micrometer}$  in a formula (2), the acoustic capacitance per ejector can be calculated.

[0055] Drawing 7 shows the result of having changed  $c_p/cc$  and having investigated incidence-rate change of a cross talk. The cross talk incidence rate was evaluated as  $(v_2 - v_1) / v_1$  from the drop speed  $v_1$  at the time of carrying out the independent regurgitation of the one ejector 10, and the drop speed  $v_2$  at the time of carrying out the coincidence regurgitation of all the ejectors 10. If a cross talk incidence rate decreases with the increment in  $c_p/cc$  and the conditions which are  $c_p > 20cc$  are fulfilled from the graph of drawing 7, it turns out that a cross talk incidence rate can be stopped to 10% or less. Moreover, within the limits of  $0.1 < c_p/cc < 10$ , the incidence rate of a cross talk became very large. On condition that  $0.1 < c_p/cc < 10$ , the oscillation frequency of the pressure wave in the common passage 4 and the pressure wave in the pressure generating room 1 becomes near, and this is considered for a kind of resonance phenomena to occur, although a pressure wave arises in the common passage 4 by the pressure wave spread from the pressure generating room 1.

[0056] When two or more heads from which  $c_p/cc$  differs were made as an experiment and the incidence rate of a cross talk was investigated, as it changed the width of face and the quality of the material of an air damper 26, and the ink jet recording head of this example of an operation gestalt was actually shown in drawing 7, the result which is very well in agreement with an equal circuit analysis result was obtained. In addition, strictly, although Inertance  $m_p$  and acoustic resistance  $r_p$  of the common passage 4 also affect a cross talk incidence rate, by the usual ink jet recording head, you may think that the effect is very small and the incidence rate of a cross talk is governed by  $c_p/cc$  as mentioned above.

[0057] Moreover, as a result of this invention person's conducting the equal circuit analysis using the circuit model shown in drawing 8, and an actual expulsion-of-an-ink-droplet experiment, it is dependent on the ratio of the acoustic capacitance  $c_p$  of the common passage 4, and the acoustic capacitance  $c_n$  of a nozzle, and the refill time amount  $t_r$  at the time of performing the regurgitation to coincidence from two or more ejectors 10 is  $c_p > 10c_n$  (7).

When filling \*\*\*\*\* , it found out that it was possible to control the increment in refill time amount. In addition, the equal circuit of drawing 8 is the circuit model changed into the form of having been suitable for starting one common passage and analyzing a refill phenomenon further.  $m_e$  shows the inertance ( $=m_1+m_2+m_3$ ) of the whole ejector, and  $r_e$  shows the acoustic resistance ( $=r_1+r_2+r_3$ ) of the whole ejector.

[0058] The acoustic capacitance  $c_n$  of a nozzle is expressed like a degree type, when nozzle open aperture is set to  $d_n$  [m] and it sets  $\sigma$  [N/m] and the amount of drawing in of a meniscus to  $y$  [m] for ink surface tension.

[Equation 2]

$$c_n = \frac{\pi d_n^4}{64\sigma} \sqrt{1 + \frac{16y^2}{d_n^2}} \quad (8)$$

Like an upper type, although it depends for the acoustic capacitance  $c_n$  of a nozzle on the amount  $y$  of drawing in of

a meniscus, it is referred to as  $\gamma^{**}dn/4$  as central value here, and  $cn$  is defined like a degree type.

[Equation 3]

$$c_n = \frac{\pi d_n^4}{48\sigma} \quad (9)$$

[0059] Drawing 9 shows the result of having investigated the relation between  $cp/cn$  and the refill time amount  $tr$ . In addition, it is  $cn=8.5 \times 10^{-19} \text{m}^5/\text{N}$ . It became clear that it becomes possible being able to prevent the increment in refill time amount from this result if  $cp/cn$  becomes large, and  $tr$  will become small and will fulfill the conditions of  $cp > 10cn$ , and to abolish the refill time difference between ejectors. Moreover, within the limits of  $4 < cp/cn < 10$ , it became clear that the increment in refill time amount becomes large unusually. This is considered for interference to arise as well as the case of the above-mentioned cross talk between the pressure wave of the pressure generating interior of a room, and the pressure wave in common passage.

[0060] As a result of an actual regurgitation experiment investigating the relation of  $cp/cn$ , as shown in drawing 9, the result which is very well in agreement with an equal circuit analysis result was obtained. Moreover, also to the increment in the refill time amount  $tr$ , the inertance  $mp$  of common passage and the effect of acoustic resistance  $rp$  were small, and it became clear from the result of having made two or more kinds of ink jet recording heads as an experiment by the usual ink jet recording head that what is necessary is just to perform a property setup of the common passage 4 based on  $cp/cn$ .

[0061] As mentioned above, in order to control the cross talk between each ejector, and the increment in refill time amount at the time of the coincidence regurgitation, it is necessary to fulfill the conditions of a formula (5) and a formula (7). In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt The acoustic capacitance  $cp$  of the common passage 4 ( $^{**}cd$ )  $8.4 \times 10^{-18} \text{m}^5/\text{N}$ , Since the acoustic capacitance  $cc$  of  $7.3 \times 10^{-19} \text{m}^5/\text{N}$  ( $dn=25 \text{micrometer}$ ,  $\sigma=35 \text{ mN/m}$ ) and a pressure generating room of the acoustic capacitance  $cn$  of a nozzle is  $3.9 \times 10^{-20} \text{m}^5/\text{N}$ ,  $cp$  is about 12 times of  $cn$ , and about 215 times the  $cc$ , and has satisfied both the conditions of a formula (5) and a formula (7).

[0062] While the ink jet recording head of this example of an operation gestalt changed the regurgitation frequency and the number of coincidence regurgitation ejectors, as a result of investigating the drop volume, drop speed, and the refill time amount  $tr$ , as for the drop volume and drop speed, it was checked that  $^{**}2\%$  and the refill time amount  $tr$  fall within the range within  $^{**}2 \text{microsecond}$ , and a cross talk and the increment in refill time amount can control them good. That is, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, although the nozzle pitch  $Pc$  was as small as 600 micrometers, it was checked that the acoustic capacitance of common passage is secured enough.

[0063] In head structure, the head which set the nozzle pitch  $Pc$  as the same 600 micrometers as this example of an operation gestalt was made as an experiment conventionally which has the common passage of the shape of a straight line as shown in drawing 28 as an example of a comparison, and the property was evaluated. Since the septum width of face ( $WW1$ ) between the diameter of a ream path ( $dT$ ) and the free passage way 3, and the common passage 4 was set as 150 micrometers and 100 micrometers as well as this example of an operation gestalt, respectively, the width of face of common passage was set to 250 micrometers from the formula (3). Therefore, it was as small as  $2.3 \times 10^{-19} \text{m}^5/\text{N}$ , it becomes impossible to have fulfilled the conditions of a formula (5)

and a formula (7), the big acoustical cross talk occurred, and \*\*10% or more of dispersion generated the acoustic capacitance of an air damper 26 in the drop volume and drop speed of an ink droplet 8.

[0064] Moreover, when the coincidence regurgitation of two or more nozzles was carried out, the refill time amount  $t_r$  increases and a regurgitation frequency was not reduced to 12kHz, it was difficult to perform the stable regurgitation. That is, with the conventional matrix array head, when the nozzle pitch  $P_c$  was set as the small value like this example of an operation gestalt, it was checked that it becomes impossible to secure sufficient acoustic capacitance for the common passage 4, and problems, such as a cross talk and an increment in refill time amount  $t_r$ , occur.

[0065] As mentioned above, in order to secure conventionally acoustic capacitance sufficient with head structure for the common passage 4 for which it has the common straight-line-like passage 4, the nozzle pitch  $P_c$  must be set up greatly. In the above-mentioned example of a comparison, if the nozzle pitch  $P_c$  is not conventionally set as 850 micrometers or more with head structure to the nozzle pitch of this example of an operation gestalt being 600 micrometers, stable ink jet record equivalent to this example of an operation gestalt cannot be performed. That is, the ink jet recording head of this example of an operation gestalt can reduce the nozzle pitch  $P_c$  about 42% compared with a head conventionally, and can raise a nozzle configuration consistency sharply.

[0066] as mentioned above , by having be narrow and having make into the configuration common passage 4 arrange so that a nozzle plate 11 may be use as a rigid low resin ingredient , and this may be operate as an air damper 26 of the common passage 4 and the pressure generating room 1 may be overlap , the ink jet recording head of this example of an operation gestalt be able to set up the nozzle pitch  $P_c$  small with 600 micrometers , and be able to set the nozzle consistency to 2.8 piece / 1mm<sup>2</sup> . Consequently, the ink jet recording head with 260 ejectors 10 was realizable in the small area of 8mmx16mm.

[0067] Example drawing 10 of the 2nd operation gestalt shows the configuration of the ink jet recording head of the example of the 2nd operation gestalt of this invention. The ink jet recording head of this example of an operation gestalt is different from the previous example of an operation gestalt in the point which has the free passage way plate 14 between the supply way plate 13 and the pressure generating room plate 15, the point which uses a rigid high metal plate (stainless plate) for a nozzle plate 11, and the point which uses a rigid low resin film for the supply way plate 13. Drawing 11 (a) shows the cross section for one piece of the ejector 10 of the ink jet recording head of drawing 10 . As for the ejector 10 of this example of an operation gestalt, unlike the structure of the previous example of an operation gestalt, the crevice 22 is formed in the free passage way plate 14 between the pressure generating room 1 and the common passage 4. The ink jet recording head of this example of an operation gestalt can make thickness of an air damper 26 small, a nozzle pitch is narrowed further, and the residual of air bubbles is prevented by having given the loose curve to the vena-contracta configuration part of the common passage 4.

[0068] In order to make the ink jet recording head of this example of an operation gestalt as an experiment, the stainless plate with a thickness of 60 micrometers was used for the nozzle plate 11, and the nozzle 2 of 25 micrometers of diameters of opening was formed by press working of sheet metal. The ink supply way 5 of 20 micrometers of diameters of opening was formed in the supply way plate 13 by excimer laser processing using the polyimide film ( $E_d=2.0\text{GPa}$ ,  $\nu_d=0.4$ ) with a thickness of 12.5 micrometers. This supply way plate 13 functions as an air damper 26 of the common passage 4 so that it may mention later. In addition, in order to secure a big capacity to an air damper 26, as for the thickness of the supply way plate 13, it is desirable that it is 30 micrometers or less.

[0069] The passage pattern was formed in the common passage plate 12, the free passage way plate 14, and the

pressure generating room plate 15 by etching using the stainless plate with a thickness of 120 micrometers. The pressure generating room 1 gave R to the corner, in order that it might be 400 micrometers, an aspect ratio might consider as the flat-surface configuration of the square near 1 and die length of one side might improve cellular eccentric one. The crevice 22 was formed in the part corresponding to the common passage 4 by half etching at the free passage way plate 14. This crevice 22 is for forming the cavernous section among both, when the laminating of the supply way plate 13 and the free passage way plate 14 is carried out, and this part functions as an air damper 26.

[0070] In addition, it is also possible to make lamination and the same structure for another plate 14' between the supply way plate 13 and the free passage way plate 14 like drawing 11 (b), without establishing a crevice 22 in the free passage way plate 14. However, if a crevice 22 is formed by half etching like this example of an operation gestalt, the number of the plates which constitute a head can be reduced and it will become advantageous to reduction of a manufacturing cost. Moreover, although not illustrated in drawing 11, the aeration way for making it open for free passage with the open air is established in the crevice 22. Thereby, since a closed space is lost while being able to improve the function of an air damper 26, since it always becomes the same pressure as the open air, the air in the cavity formed of a crevice 22 can make easy plate laminating junction at the time of head manufacture.

[0071] Drawing 12 shows the cross section of the ejector of drawing 11, (a) shows an A-A cross section and (b) shows the B-B cross section. As shown in this drawing (a), the common passage 4 has the same vena-contracta configuration as the example of the 1st operation gestalt. As similarly the configuration of the crevice 22 formed in the free passage way plate 14 is also shown in the B-B sectional view of this drawing (b), it is a vena-contracta configuration corresponding to the configuration of the common passage 4.

[0072] As mentioned above, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, the base of the common passage 4 consists of rigid low supply way plates 13, and this part functions as an air damper 26. For this reason, thickness of the supply way plate 13 can be made thin, and the thickness of an air damper 26 can set it up very thinly. Therefore, even if it is the case where the nozzle pitch  $P_c$  is set up narrowly, sufficient acoustic capacitance for the common passage 4 can be secured, and it becomes possible to make a nozzle configuration consistency increase further.

[0073] Like the example of the 1st operation gestalt, when a nozzle plate 11 was made into an air damper, there was a limitation in reduction of air damper thickness. This is for problems, such as the discharge direction of an ink droplet 8 getting worse, or becoming easy to generate the contamination of air bubbles, to arise, when reduction of air damper thickness means reduction of the die length of a nozzle 2 and the die length of a nozzle 2 becomes short. For this reason, with the head structure of the example of the 1st operation gestalt, about 20-50 micrometers is the minimum of air damper thickness. Moreover, with the head structure of the example of the 1st operation gestalt, since the air damper 26 is outside exposed, breakage prevention of a nozzle plate 11, the cellular contamination prevention at the time of wiping of a nozzle 2, etc. need to set up air damper thickness greatly more than fixed also from a viewpoint of the improvement in dependability of a head.

[0074] It is possible for a nozzle 2 and an air damper 26 to set up air damper thickness very small with the head structure of this example of an operation gestalt, since it is the independent structure and the air damper is not outside exposed. In this example of an operation gestalt, the supply way plate thickness which is air damper thickness was set as 12.5 micrometers. As shown in a formula (2), since the acoustic capacitance of an air damper 26 is in inverse proportion to the cube of thickness, if it decreases air damper thickness, it can reduce the width of



face of the air damper 26 which realizes the same acoustic capacitance. In this example of an operation gestalt, although the maximum width  $W1$  of the common passage 4 is decreasing 400 micrometers and the nozzle pitch  $Pc$  rather than 500 micrometers and the example of the 1st operation gestalt, respectively, bigger acoustic capacitance ( $2.2 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ ) than the example of the 1st operation gestalt is securable for the common passage 4.

[0075] Moreover, as shown in drawing 12, the ink jet recording head of this example of an operation gestalt gives the R section 28 to the neck of the common passage 4, and constitutes the flat-surface configuration of the common passage 4 by the smooth curve. This is for equalizing the ink flow in the common passage 4, and raising eccentric [ of air bubbles ]. When it is narrow and common passage 4 is made into a configuration, in the rate of flow in the common passage 4, it becomes easy to generate a big ununiformity. With structure which has a big level difference in the configuration of the common passage 4, it is especially easy to generate the very small stagnation point of the rate of flow near the level difference section like the example of the 1st operation gestalt. Therefore, when ink is made to flow into the common passage 4, air bubbles may remain at the stagnation point.

[0076] Even if air bubbles remain in the common passage 4, unless air bubbles move, it does not have big effect on a regurgitation property. However, if the air bubbles which remained by some factors, such as vibration, move and it flows in the pressure generating room 1 through the ink supply way 5, it will become impossible from the ejector 10 to carry out the regurgitation of the ink droplet 8 correctly. That is, since a cellular residual in the common passage 4 becomes the cause which spoils the dependability of an ink jet recording head greatly, it is necessary to prevent the cellular residual in the common passage 4. So, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, by giving the R section 28 to a part for the neck of the common passage 4, generating of the above-mentioned stagnation point was prevented and survival of air bubbles is controlled.

[0077] Although the optimum range of the radius of curvature (R) in the R section 28 changes with the quality of the material of the wall of the average ink rate of flow in the common passage 4, and the feeder current way 4, ink ingredients, etc., according to the result to which this invention person did prototype evaluation of many heads, it is suitable for it to set it as  $R \geq G/4$ . Here, G is the magnitude of a level difference as shown in drawing 12. In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, it is  $G = 125$  micrometers and R was set as 50 micrometers.

[0078] As a result of carrying out ink restoration evaluation using an ink jet recording head with the common passage 4 which gave the above R sections 28, it was checked that a cellular residual in the common passage 4 does not occur at all. After attracting ink for 5 seconds from a nozzle with the suction pressure of 300mmHg, ink restoration evaluation carried out microscope observation of the condition in the common passage 4, and was performed by checking the existence of residual air bubbles. When ink restoration evaluation with the same said of the ink jet recording head of the example of the 1st operation gestalt was carried out as a candidate for a comparison, air bubbles remained to the neck (level difference section) by about 60% of probability.

[0079] While the ink jet recording head of this example of an operation gestalt changed the regurgitation frequency and the number of coincidence regurgitation ejectors, as a result of investigating the drop volume, drop speed, and refill time amount of an ink droplet 8, as for the fluctuation, it was checked that the drop volume and drop speed are settled in the range for less than  $\pm 1.5$  microseconds, and a cross talk and the increment in refill time amount can control less than  $\pm 2\%$  and refill time amount for them good.

[0080] As mentioned above, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, when the supply way plate 13 constituted from a resin film functioned as an air damper of the common passage 4, even if it set up the

nozzle pitch  $P_c$  still smaller with 500 micrometers, sufficient acoustic capacitance for the common passage 4 could be secured, and good ink jet record was completed. Moreover, by giving the R section 28 to a part for the neck of the common passage 4, the cellular eccentric one in the common passage 4 could be improved sharply, and it became possible to realize a reliable ink jet recording head. It could be made to increase about 20% as compared with the example of the 1st operation gestalt, and the nozzle configuration consistency was set to 3.3 piece / 1mm<sup>2</sup>.

[0081] In addition, although the R section 28 which has the fixed radius of curvature R was given to the level difference section (neck) of the common passage 4 in this example of an operation gestalt, if the flat-surface configuration of the common passage 4 is constituted by the smooth curve, it is not necessary to necessarily have fixed radius of curvature. Moreover, the above "a smooth curve" may be the set of a fine straight line.

[0082] Example drawing 13 of the 3rd operation gestalt shows the basic structure of the example of the 3rd operation gestalt of this invention. The ink jet recording head of this example of an operation gestalt is constituted by two or more ejector 10, common passage 4, 2nd community passage 16, ink ducts 18a and 18b, filters 19, and ink tanks 20. The ink jet recording head of this example of an operation gestalt has set the fluid resistance (acoustic resistance) of an ink supply system including the common passage 4 and the 2nd community passage 16 below to constant value. It becomes possible to carry out the continuation regurgitation of the big ink droplet 8 to coincidence from many nozzles 2 by setting the fluid resistance of an ink supply system below to constant value.

[0083] The basic structure of the ink jet recording head of this example of an operation gestalt is the same as what was shown in the example of the 2nd operation gestalt. The ejector 10 is open for free passage to the common passage 4, respectively. Each common passage 4 is open for free passage to the 2nd community passage 16, and is opening the 2nd community passage 16 for free passage with the ink tank 20 through ink duct 18b, a filter 19, and ink duct 18a. Ten ejectors 10 are arranged in one common passage 4; and the ink jet recording head which has 260 ejectors 10 is formed in the 2nd community passage 16 by connecting 26 common passage 4 in all.

[0084] Drawing 14 shows typically the ink jet recording head of this example of an operation gestalt. About 400 micrometers (average width of face) and height are set as 120 micrometers, and die length is set as about 6mm for the width of face of the common passage 4. Moreover, 2.5mm and height are set as about 250 micrometers, and die length ( $l_p'$ ) is set as about 6mm for the width of face of the 2nd community passage 16. In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, since each ejector is arranged as shown in drawing 14, the average die length ( $l_p'$ ) of about 3mm and the 2nd community passage 16 is set to about 3mm by the average die length ( $l_p$ ) of the common passage 4 seen from each ejector.

[0085] Generally, the fluid resistance (acoustic resistance) of the duct whose cross section is a rectangle is computable using a degree type (for ink viscosity [Pa-s] and S, the duct cross section [m<sup>2</sup>] and z are [eta] the aspect ratio of a duct cross section).

[Equation 4]

$$\frac{12\eta l}{S^2} \left\{ 0.33 + 1.02 \left( z + \frac{1}{z} \right) \right\} \quad (10)$$

therefore, passage resistance of the common passage 4 -- the [ 1.9x10<sup>11</sup> Ns/m<sup>5</sup> and ] -- passage resistance of 2 common passage -- 2.9x10<sup>9</sup> Ns/m<sup>5</sup> -- becoming (eta=3 mPa-s) -- it becomes. In addition, although the 2nd community passage was divided into two and the ink feed hopper 17 is formed in each in the ink jet recording head

of this example of an operation gestalt, this is for making small the die length ( $l_p$ ) of the 2nd community passage, and reducing passage resistance.

[0086] Moreover, ink duct 18a and ink duct 18b are tubes-like, and the bore is set as 2mm. As for die length, 3mm and ink duct 18b are set as 20mm for ink duct 18a. The fluid resistance of a circular cross-section duct is calculable from a degree type ( $d$  is a diameter of a duct [m] and  $l$  is duct die length [m]).

[Equation 5]

$$r = \frac{128\eta l}{\pi d^4} \quad (11)$$

Passage resistance of the ink ducts 18a and 18b serves as  $2.3 \times 10^7$  Ns/m<sup>5</sup> and  $1.5 \times 10^8$  Ns/m<sup>5</sup> from an upper type, respectively. A filter 19 is a metal mesh which has about 10-micrometer micropore, and passage resistance was called for with  $1.0 \times 10^9$  Ns/m<sup>5</sup> from the observation result. The passage cross section is greatly set up so that it may become small [ passage resistance ] very much [ the ink tank 20 ], and passage resistance is  $2.0 \times 10^8$  Ns/m<sup>5</sup>.

[0087] Here, the knowledge which this invention person clarified about the upper limit of the fluid resistance of an ink supply system is explained. Drawing 15 shows the equal circuit of two or more ejectors 10 connected to the same common passage 4. When this invention person conducted the equal circuit analysis using the circuit model shown in drawing 15 , and an actual expulsion-of-an-ink-droplet experiment, consequently the high frequency continuation regurgitation was performed by many ejectors, pressure drawdown occurred in the common passage 4, and he found out becoming the cause by which this decreases the refill rate  $t_r$  of each ejector 10. Hereafter, the contents are explained in detail.

[0088] When the continuation regurgitation of the ink droplet 8 is carried out from a nozzle 2, if it sees macroscopically, semi- stationary-flow will have arisen from the ink tank 20 toward the nozzle 2. That is, ink is supplied to an ejector 10 in semi- stationary through the common passage 4. When it is considered that such semi-stationary-flow is a perfect steady flow, an equal circuit can be simplified like drawing 15 .

[0089] The fluid resistance of the whole ink supply system including from the ink tank 20 to the common passage 4 poses a problem here. It is expressed with  $\Delta P = r \cdot Q$ , when the differential pressure of the inlet port of a duct and an outlet sets fluid resistance to  $r$  and sets a flow rate to  $Q$  (Hagen Poiseuille's principle). Although the ink of a big flow rate flows in an ink supply system when the ink consumption (ink discharge) by the ejector is large, when the fluid resistance  $r$  of an ink supply system is large in this case, big differential pressure will occur between the ink tank 20 and the common passage 4. That is, if the RF coincidence regurgitation of the ink droplet 8 with the big drop volume is carried out from many nozzles 2, the pressure in the common passage 4 will decline.

[0090] Here, considering the above-mentioned refill actuation, ink is led into the pressure generating room 1 from the common passage 4 with the pressure generated with the surface tension of a meniscus 9 at the time of refill actuation. That is, with the pressure produced in the surface tension of a meniscus 9, if big differential pressure does not occur between the nozzle 2-common passage 4, a quick refill cannot be performed. However, if pressure drawdown occurs in the common passage 4 by the coincidence and the continuation regurgitation of each ejector 10, the differential pressure between a nozzle 2 and the common passage 4 will decrease, and a refill rate will fall.

[0091] Drawing 16 is a graph which shows the result of having investigated experimentally the pressure variation ( $\Delta P_p$ ) of common passage, and the relation of refill time amount ( $t_r$ ) using the ink jet recording head of this

example of an operation gestalt. If the pressure drawdown in the common passage 4 is 800Pa or less, when refill time amount is set to 800Pa or more to being almost fixed, it turns out that refill time amount increases rapidly. Although such relation between  $\Delta P_p$  and  $t_r$  changed with the surface tension of ink, the diameters of a nozzle, etc. somewhat, when keeping the pressure drawdown in common passage at 800Pa or less with the common ink jet recording device (surface tension 20 - 40 mN/m, 15-40 micrometers of diameters of a nozzle) as a result of much analyses and experiment evaluation, it became clear that it became possible to control the fall of a refill rate.

[0092] What is necessary is just to add the pressure drawdown generated in each part in an ink supply system, in order to ask for the magnitude of the pressure drawdown in the common passage 4. In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, in the number N of nozzles, when the continuation regurgitation of the ink droplet of 260 and drop volume 20pl is carried out from all the ejectors 10 on the regurgitation frequency of 15kHz, the total flow of ink is set to  $7.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ . The amount of pressure drawdowns which generates the amount of pressure drawdowns which generates the amount of pressure drawdowns in which passage resistance of the ink tank 20 generates passage resistance of  $3.0 \times 10^8 \text{ Ns/m}^5$  and ink duct 18a by the ink tank 20 since  $2.3 \times 10^7 \text{ Ns/m}^5$  and passage resistance of a filter 19 are  $1.0 \times 10^9 \text{ Ns/m}^5$  in 23.4Pa and ink duct 18a with 1.8Pa and a filter 19 is set to 78Pa.

[0093] On the other hand, since ink duct 18b has branched to two, the flow rate in ink duct 18b is set to  $3.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ . Since passage resistance of ink duct 18b is  $1.5 \times 10^8 \text{ Ns/m}^5$ , the amount of pressure drawdowns generated in ink duct 18b is set to 5.9Pa. In the two 2nd community passage 16, since a flow rate is  $2.9 \times 10^9 \text{ Ns/m}^5$ , as for the amount of pressure drawdowns, the  $3.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$  and passage resistance  $r$  becomes 113Pa, respectively. Since 13 common passage 4 is connected to each 2nd community passage 16, the ink flow rate in each common passage 4 is set to  $0.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ . Since the passage resistance  $r$  of the common passage 4 is  $1.9 \times 10^{11} \text{ Ns/m}^5$ , the amount of pressure drawdowns is set to 570Pa. Therefore, by the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, the pressure drawdown generated between the ink tank 20 and the common passage 4 when the continuation regurgitation of the ink droplet of drop volume 20pl is carried out from all ejectors on the regurgitation frequency of 15kHz adds all the amounts of pressure drawdowns computed in the top, and is set to 792Pa.

[0094] As mentioned above, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, since passage resistance of an ink supply system is set up small, even if it carries out the continuation regurgitation of the ink droplet of drop volume 20pl from all ejectors by 15kHz, the pressure drawdown in common passage can be suppressed to 800Pa or less. Therefore, the increment in refill time amount resulting from the pressure drawdown in common passage can be prevented, and the stable RF continuation regurgitation can be performed.

[0095] In the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, drawing 17 changes a regurgitation frequency and the regurgitation ink droplet volume, and shows the result of having investigated the stability of the regurgitation. The drop speed of the ink droplet 8 breathed out estimated the stability of the regurgitation. As shown in a graph, when ink droplet volume was 20pl(s), the regurgitation stabilized by (A) and about 16kHz was able to be realized. Moreover, also when the drop volume was increased to 30pl(s), it was confirmed that the stable regurgitation is possible for (B) and about 10kHz.

[0096] As a candidate for a comparison, the broken line (A') of drawing 17 shows the regurgitation experimental result at the time of changing the height of the common passage 4 into 80 micrometers. In this case, since passage resistance of the common passage 4 serves as  $5.9 \times 10^{11} \text{ Ns/m}^5$ , if the continuation regurgitation of the ink droplet 8

of drop volume 20pl is carried out from all the ejectors 10 by 15kHz, the pressure drawdown in the common passage 4 will increase to about 2000Pa. In this case, the conditions of setting pressure drawdown in common passage to 800Pa or less cannot be fulfilled. Therefore, also in the experimental result, drop speed became unstable on the regurgitation frequency of 6kHz or more, and it was checked that the drop regurgitation destabilizes. When stroboscope observation of the discharge condition of an ink droplet 8 was carried out, it would have been in a discharge condition by which the drop of a major diameter and the drop of a minor diameter are breathed out by turns. Moreover, when the drop volume was increased to 30pl(s), destabilization of the drop regurgitation was similarly observed on (B') and the regurgitation frequency of 4kHz or more. However, also in this head, at the time of a low frequency drive, since the regurgitation stabilized with all the nozzles 2 is realizable, it can be said that the acoustic capacitance of the common passage 4 is enough.

[0097] It was checked by being unable to realize the RF regurgitation stabilized only by setting up the acoustic capacitance of the common passage 4 greatly, but setting up passage resistance of an ink supply system suitably by the above comparative experiments, corresponding to the regurgitation drop volume, the number of nozzles, and the highest regurgitation frequency that the continuation regurgitation of all the nozzle coincidence stabilized for the first time is realizable.

[0098] Although calculation of passage resistance and the amount of pressure drawdowns was performed in explanation of this example of an operation gestalt using average die-length  $lp'$  of the average die length  $lp$  of the common passage 4, and the 2nd community passage 16, in order to ask for the pressure drawdown in common passage strictly, it is desirable to calculate using an equal circuit like drawing 15.

[0099] Although the 2nd community passage 16 is divided up and down in this example of an operation gestalt, this is for decreasing the necessary width of face of the 2nd community passage 16. That is, if the 2nd community passage 16 is halved, in order that die-length  $lp'$  of the 2nd community passage 16 may decrease, even if it sets up small the width of face of the 2nd community passage 16, it is hard to increase fluid resistance. For example, like the example of the 1st operation gestalt, when the 2nd community passage 16 is formed as one passage, die-length  $lp'$  of the 2nd community passage 16 is set to about 7mm. the [ therefore, ] -- in order to make fluid resistance of the 2 common passage 16 into this example of an operation gestalt, and an EQC ( $2.9 \times 10^9$  Ns/m<sup>5</sup>) -- the -- necessary [ to expand the width of face of the 2 common passage 16 to about 5.5mm ] (this example of an operation gestalt the width of face of the 2 common passage 16 2.5mm). That is, if the 2nd community passage 16 is divided into plurality like this example of an operation gestalt, since  $lp'$  can be decreased, it becomes possible to reduce sharply the necessary width of face of the 2nd community passage 16.

[0100] It is very important to make small the head full one of an ink jet recording head, when raising a print speed. That is, if full [ of a head ] is small, since mileage of the head at the time of printing can be shortened, the time amount which a head scan takes is shortened and it becomes possible to reduce a print speed as a result. Moreover, if it can make a head full one small, since the tooth space which right and left of a record form take can be made small, the effectiveness that the size of an ink jet recording device can also decrease can also be acquired.

[0101] Moreover, it becomes advantageous to improving the conveyance precision of the record media (record form etc.) in an ink jet recording device like this example of an operation gestalt to arrange the 2nd community passage beside an ejector group. That is, in an ink jet recording device, although a record medium is held and conveyed with the roller installed before and after the head, if the overall length (LH) of a head is large, the conveyance precision of

a record medium will tend to get worse by the deflection of the record medium between rollers etc. Therefore, it is important for head die-length LH to hold down to minimum, and its head structure which has arranged the branch of the common passage 4 from such a viewpoint almost in parallel to a main scanning direction like this example of an operation gestalt, and has arranged the main stream of the common passage 4 beside an ejector group is more desirable.

[0102] Example drawing 18 of the 4th operation gestalt shows typically the passage arrangement in the example of the 4th operation gestalt of this invention. The ejector structure of this example of an operation gestalt is the same as that of the example of the 3rd operation gestalt except for arrangement of the common passage 4 and the 2nd community passage 16. The common passage 4 is arranged almost perpendicularly to the main scanning direction of a head, and the 2nd community passage 16 has the description in the point arranged so that it may become almost parallel to a main scanning direction. In arrangement of such common passage 4, since the 2nd community passage 16 is not arranged beside an ejector group, the head width of face of a main scanning direction can be set up small, and it becomes possible to realize an ink jet recording head still more advantageous to reduction of high-speed record and equipment size. It explains in full detail below.

[0103] The ink jet recording head of this example of an operation gestalt is connected to the 2nd community passage 16 which has arranged the common passage 4 so that it may become almost perpendicular to a main scanning direction, and has arranged such common passage 4 so that it may become almost parallel to a main scanning direction as shown in drawing 18. The common passage 4 is divided up and down bordering on the center of a head, and the common passage 4 of a lower half is connected to the 2nd community passage 16 arranged at the lower part in the 2nd community passage 16 where the common passage 4 of an upper half has been arranged in the upper part, respectively.

[0104] The structure which divided the common passage 4 into plurality is advantageous to making the necessary cross section of common passage small. As mentioned above, in order to realize the stable multi-nozzle coincidence RF regurgitation, it is necessary to set up passage resistance of an ink supply system small, and to also set up passage resistance of the common passage 4 small for that purpose. However, when the overall length of the common passage 4 is long, unless it sets up the cross section of the common passage 4 very greatly, passage resistance cannot be set up small. If common passage is halved up and down as shown in drawing 18, the overall length (lp) of common passage can be shortened, and passage resistance can be made small even if the cross section of the common passage 4 is narrow.

[0105] The ejector 10 is connected to each common passage 4, respectively, and two-dimensional array of the ejector is carried out. The ink feed hopper 17 is arranged in the center section of the 2nd community passage 16, and ink is supplied from an ink tank (not shown) through this ink feed hopper.

[0106] As mentioned above, in the ink jet recording head of this example of an operation gestalt, since the ejector group arranges the 2nd community passage up and down, compared with the ink jet recording head of the 1st - the example of the 3rd operation gestalt, the head width of face of a main scanning direction has been set up small. In this example of an operation gestalt, since the nozzle pitch Pc was set as 600 micrometers, the head width of face of a main scanning direction was set to about 6mm. Since the head width of face in the 1st - the example of the 3rd operation gestalt was 8-10mm, it has decreased head width of face by 2-4mm in this example of an operation gestalt.

[0107] Since two or more ink jet recording heads arrange and are arranged in an actual ink jet recording apparatus, it

is possible to decrease still more greatly as width of face of the whole head. For example, when the head of four \*\*\*\*\* is arranged in four colors of yellow, a Magenta, cyanogen, and black, it becomes possible from the 1st - the example of the 3rd operation gestalt to decrease full [ of a head ] by about 8-16mm. Thus, since the ink jet recording head of this example of an operation gestalt can make a head full ones small, it becomes very advantageous to the improvement in a print speed, and reduction of equipment size.

[0108] Example drawing 19 of the 5th operation gestalt shows the example of an operation gestalt of the ink jet recording device of this invention. The ink jet recording apparatus of this example of an operation gestalt is constituted including the vertical-scanning device 35 for conveying the horizontal-scanning device 33 for scanning the carriage 31 and carriage 31 which carry an ink jet recording head to a main scanning direction, and the record form 34 as a record medium in the direction of vertical scanning.

[0109] An ink jet recording head is carried on carriage 31 so that a nozzle side may counter with the record form 34, and it records to the fixed band field 38 by carrying out the regurgitation of the ink droplet 8 to the record form 34, being conveyed in a main scanning direction. Subsequently, the next band field is recorded, conveying the record form 34 in the direction of vertical scanning, and conveying carriage 31 to a main scanning direction again. By repeating such actuation two or more times, image recording can be performed over the whole surface of the record form 34.

[0110] Image recording was performed using the ink jet recording device of this example of an operation gestalt, and evaluation of a recording rate and image quality was actually performed. The thing of the head structure stated in the above-mentioned example of the 3rd operation gestalt was used for the ink jet recording head. The nozzle pitch  $P_c$  is 500 micrometers and the number of nozzles per two is 3.3 pieces 1mm. Full color image recording was performed by making it correspond to four colors of yellow, a Magenta, cyanogen, and black, arranging the matrix-like array head which has 260 ejectors per color side by side on carriage 31, and piling up the dot of four colors on the record form 34.

[0111] As a result of printing the image of A4 size (210mmx297mm) on conditions with drop volume 20pl, a record resolution 600dpi, and a regurgitation frequency of 18kHz, printing could be completed in about 5 seconds and it was proved that a very high recording rate was realizable. Moreover, since the regurgitation destabilization phenomenon at the time of an acoustical cross talk or the multi-nozzle coincidence regurgitation was controlled, very high drawing quality was able to be acquired in the output image.

[0112] As an example of a comparison, the same image output experiment was conducted using the head conventionally which has the common straight-line-like passage 4. In this case, as for the number of nozzles which needs to set the nozzle pitch  $P_c$  as 850 micrometers in order to secure sufficient acoustic capacitance for the common passage 4, consequently can be arranged in the same head area, 150 pieces became an upper limit (the number of nozzles per two is 2.0 pieces 1mm). Therefore, the time amount for about 9 seconds was taken to record the image of A4 size (210mmx297mm), and the recording rate was about 1/2 compared with the ink jet recording device of this example of an operation gestalt.

[0113] As another example of a comparison, the same image output experiment was conducted using the ink jet recording head which has the common straight-line-like passage 4 and which set the nozzle pitch  $P_c$  as 500 micrometers conventionally as well as [ in head structure ] this example of an operation gestalt. In this case, although the number of nozzles of the same 260 piece / color as this example of an operation gestalt was securable, since the

width of face of the common passage 4 is as small as 150 micrometers, the acoustic capacitance  $c_p$  of the common passage 4 does not fulfill the conditions of a formula (5) and a formula (7). As a result of printing the image of A4 size (210mmx297mm) on conditions with drop volume 20pl, a record resolution 600dpi, and a regurgitation frequency of 18kHz, printing was able to be completed in about 5 seconds, but the discharge condition of an ink droplet 8 was very unstable, and since many non-regurgitation nozzles had occurred during an image output, the quality of an output image was very bad. That is, when the array consistency of a nozzle 2 was made to increase by force with head structure conventionally, it was proved that it became impossible to perform stable expulsion of an ink droplet.

[0114] As mentioned above, in the ink jet recording device of this example of an operation gestalt, since it is narrow and common passage is made into the configuration, a nozzle configuration consistency (the number of nozzles per unit area) can be increased with the stable regurgitation stability maintained, and a recording rate can be sharply increased compared with the conventional ink jet recording device.

[0115] In addition, although considered as the gestalt which records while conveying a head with carriage in this example of an operation gestalt, it is also possible to apply this invention to another equipment gestalt, such as to record fixing a head and conveying only a record medium using the Rhine mold head which has arranged the nozzle covering full [ of a record medium ].

[0116] As mentioned above, although the example of an operation gestalt of this invention was explained, the above-mentioned example of an operation gestalt shows the gestalt of the suitable operation for this invention, and this invention is not limited to these. That is, without deviating from the main point of this invention, other gestalten which added various deformation, amelioration, correction, simplification, etc. to the gestalt of the above-mentioned implementation can be applied, and this invention can be carried out.

[0117] For example, in the above-mentioned example of an operation gestalt, although the electrostrictive actuator was used as a pressure generating means, the electric machine sensing element using electrostatic force or magnetism, the electric thermal-conversion component for generating a pressure using bubbling, etc. may use other pressure generating means. Moreover, it does not matter even if it uses the actuator of another gestalten, such as a longitudinal-oscillation type laminating mold electrostrictive actuator, other than the electrostrictive actuator of the veneer mold used in this example of an operation gestalt also as an electrostrictive actuator.

[0118] Moreover, in the above-mentioned example of an operation gestalt, although passage is formed by the laminating of two or more plates, the configuration of a plate, the quality of the material, etc. are not necessarily limited to the above-mentioned example of an operation gestalt. For example, although the nozzle plate or the supply way plate was used as an air damper of common passage in the above-mentioned example of an operation gestalt, the thing for which this invention is applied also to the head of another plate configuration, such as inserting the plate of the dedication which constitutes an air damper, is possible. Moreover, this invention is applicable similarly to a head which really cast passage using ingredients, such as ceramics, glass, resin, and silicon.

[0119] Moreover, even if other configurations, such as a configuration where it is not necessarily limited to the configuration which has the vena contracta (level difference) in the both-sides wall of common passage like drawing 5 , and the vena contracta was prepared only in one side of common passage like drawing 20 , are used for the configuration of common passage, it can acquire the same effectiveness.

[0120] Moreover, a common passage configuration can also be considered as the configuration shown in drawing 21 (a), (b), and (c) instead of drawing 14 . Drawing 21 (a) is the example which prepared the ink feed hopper in the both



ends of the 2nd community passage, without dividing the 2nd community passage up and down. Also in this case, the die length lp of the 2nd community passage becomes the same as that of drawing 14 . Moreover, with the passage configuration of drawing 21 (a), since ink is supplied to the 2nd community passage from a 2-way, even if passage plugging occurs in a part of 2nd community passage with dust etc., it is effective in the ability to prevent generating of the poor regurgitation.

[0121] Moreover, drawing 21 (b) is the example which prepared the ink feed hopper in the center section of the 2nd community passage. Also in this case, die-length lp' of the 2nd community passage becomes the same as that of drawing 14 . Moreover, with this structure, since an ink feed hopper becomes one place, the structure of an ink supply system can be simplified and it becomes advantageous to reduction of head cost etc. Moreover, drawing 21 (c) is the example which connected common passage with the both sides of the 2nd community passage. In this case, since the die length of common passage can be made into one half, the effectiveness that the necessary cross section of common passage can be reduced is acquired. In addition, the suitable example of an operation gestalt of this invention is shown, and the common passage configuration shown in drawing 21 can also be considered as the common passage configuration of those other than this.

[0122] Moreover, a common passage configuration can also be considered as the configuration shown in drawing 22 (a), (b), and (c) instead of drawing 18 . Drawing 22 (a) is the example which connected the both ends of the common passage 4 to the 2nd community passage 16, without dividing the common passage 4 up and down. In this case, since ink is supplied to the common passage 4 from a 2-way, even if passage plugging occurs in a part of common passage with dust etc., it is effective in the ability to prevent generating of the poor regurgitation.

[0123] Moreover, drawing 22 (b) is the example which formed two ink feed hoppers 17 in each of the 2nd community passage 16 arranged up and down. In this case, since die-length lp' of the 2nd community passage can be decreased, the necessary width of face of the 2nd community passage can be reduced, and the effectiveness that the head overall length of the direction of vertical scanning can be decreased is acquired. Contraction of a head overall length becomes advantageous, when realizing stable form conveyance, as mentioned above.

[0124] Moreover, drawing 22 (c) is the example which halved the common passage 4 and the 2nd community passage 16 currently halved up and down, respectively. in this case, drawing 22 (b) -- the same -- the -- the effectiveness that the necessary width of face of 2 common passage can be reduced, and the head overall length of the direction of vertical scanning can be decreased -- the [ common passage and ] -- generating of the stagnation point (late part of the rate of flow) of the ink in 2 common passage -- it can protect -- the [ common passage and ] -- it becomes advantageous, when controlling a cellular residual in 2 common passage. In addition, the suitable example of an operation gestalt of this invention is shown, and the common passage configuration shown in drawing 22 can also be considered as the common passage configuration of those other than this.

[0125] Moreover, although the configuration of a pressure generating room was used as the square in the above-mentioned example of an operation gestalt, it is also possible to use the pressure generating room of other configurations, such as a round shape and a hexagon. Furthermore, although arrangement of a nozzle was mostly considered as the grid-like array in the above-mentioned example of an operation gestalt, when a nozzle configuration is not necessarily mostly limited to a grid-like thing and the other two-dimensional array approaches are used, it is possible to apply this invention.

[0126] Moreover, although the ink jet recording head and ink jet recording apparatus which breathe out coloring ink in

the record paper and record an alphabetic character, an image, etc. on it were taken for the example in the above-mentioned example of an operation gestalt, the ink jet record in this specification is limited to neither the alphabetic character in the record paper, nor record of an image. That is, the liquid which a record medium is not necessarily limited to paper, and carries out the regurgitation is not necessarily limited to coloring ink, either. For example, the thing for which this invention is used to the general drop fuel injection equipment used industrially, such as breathing out coloring ink, producing the color filter for a display, or breathing out the pewter of a melting condition on a substrate and forming the bump for component mounting on a high polymer film or glass, is also possible.

[0127]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, a matrix array head with a high nozzle configuration consistency can be realized, and the very high ink jet recording head and ink jet recording device of a recording rate can be realized.

[0128] Moreover, according to this invention, the acoustical cross talk through common passage and the regurgitation destabilization phenomenon generated at the time of the multi-nozzle coincidence regurgitation can be prevented, and it becomes possible to realize an ink jet recording head and an ink jet recording device excellent in the homogeneity of a regurgitation property, and stability.

[0129] Furthermore, according to this invention, a cellular residual in common passage can be prevented and it becomes possible to realize a reliable matrix array head and an ink jet recording device.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view of the ink jet recording head of the example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the perspective view showing the plate configuration of the ink jet recording head of the example of the 1st operation gestalt concerning this invention.

[Drawing 3] It is a mimetic diagram for explaining the ejector array of a matrix array head.

[Drawing 4] It is the graph which shows the driver voltage wave used in the expulsion-of-an-ink-droplet experiment.

[Drawing 5] It is the mimetic diagram showing the flat-surface configuration of an ink jet recording head.

[Drawing 6] It is the circuit diagram showing the equivalence electrical circuit used for the analysis of an acoustical cross talk.

[Drawing 7] It is the graph which shows the relation between the acoustic capacitance of common passage, and the incidence rate of an acoustical cross talk.

[Drawing 8] It is drawing showing the equivalence electrical circuit used for the analysis of refill time amount.

[Drawing 9] It is the graph which shows the relation between the acoustic capacitance of common passage, and refill time amount.

[Drawing 10] It is the perspective view showing the plate configuration of the ink jet recording head of the example of the 2nd operation gestalt concerning this invention.

[Drawing 11] It is the sectional view of the ink jet recording head of the example of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 12] It is drawing showing the flat-surface configuration of the ink jet recording head of the example of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 13] It is drawing showing common passage arrangement of the ink jet recording head of the example of the 3rd operation gestalt concerning this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing the configuration of the ink supply system in the example of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 15] It is drawing showing the equivalence electrical circuit used for the analysis of the passage internal pressure change at the time of the multi-nozzle continuation regurgitation.

[Drawing 16] It is the graph which shows common passage internal pressure and the relation of refill time amount.

[Drawing 17] It is the graph which shows the regurgitation property of the ink jet recording head of the example of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 18] It is drawing showing common passage arrangement of the ink jet recording head of the example of the 4th operation gestalt concerning this invention.

[Drawing 19] It is drawing showing the example of 1 operation gestalt of the ink jet recording device concerning this invention.

[Drawing 20] It is drawing showing the flat-surface configuration of the ink jet recording head of the example of the 1st operation gestalt.

[Drawing 21] It is drawing showing the configuration of the ink supply system in the example of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 22] It is drawing showing common passage arrangement of the ink jet recording head of the example of the 4th operation gestalt.

[Drawing 23] It is the sectional view showing the basic structure of the conventional ink jet recording head.

[Drawing 24] It is a mimetic diagram for explaining a motion of the meniscus at the time of expulsion of an ink droplet.

[Drawing 25] It is the graph which shows location change of the meniscus at the time of a refill.

[Drawing 26] It is drawing showing the basic structure of a multi-nozzle mold ink jet recording head.

[Drawing 27] It is drawing showing the basic structure of the ink jet recording head of a matrix array type.

[Drawing 28] It is drawing showing the basic structure of the conventional matrix array head.

[Drawing 29] It is drawing showing the equivalence electrical circuit of a matrix array head.

[Drawing 30] It is the graph which shows the regurgitation property of the conventional matrix array head.

[Description of Notations]

1: Pressure generating room

2: Nozzle

3: Fate path

4: Common passage

5: Ink supply way

6: Diaphragm

7: Electrostrictive actuator

8: Ink droplet

9: Meniscus  
10: Ejector  
11: Nozzle plate  
12: Common passage plate  
13: Supply way plate  
14: Fate path plate  
14': Plate  
15: Pressure generating room plate  
16: The 2nd community passage  
17: Ink supply way  
18a, 18b: Ink duct  
19: Filter  
20: Ink tank  
21: Ink supply system  
22: Crevice  
23 24: Passage  
25: Passage plate  
26: Air damper  
28: R section  
31: Carriage  
33: Horizontal-scanning device  
34: Record form  
35: Vertical-scanning device  
38: Band field  
40 41: Septum

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-127363  
(P2003-127363A)

(43) 公開日 平成15年5月8日 (2003.5.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 4 1 J	2/045 2/055	B 4 1 J 3/04	1 0 3 A 2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2001-328765 (P2001-328765)

(22) 出願日 平成13年10月26日 (2001. 10. 26)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 奥田 真一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

(74) 代理人 100087343

弁理士 中村 智廣 (外5名)

Fターム (参考) 2C057 AF06 AF38 AF40 AF78 AG14

AG16 AG30 AG68 AG71 AG72

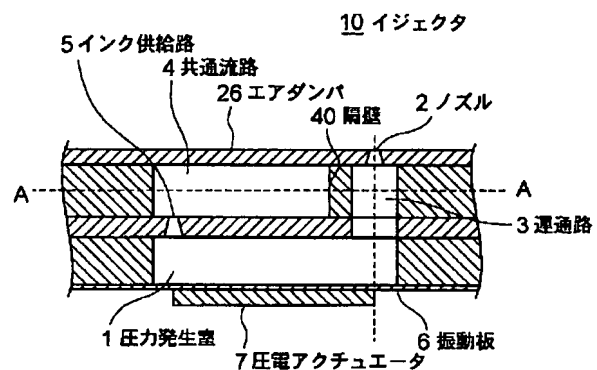
AG77 AQ03 AQ06 BA03 BA14

(54) 【発明の名称】 インクジェット記録ヘッド及びインクジェット記録装置

(57) 【要約】

【課題】 イジェクタを2次元的に配列したマトリクス配列ヘッドにおいて、ノズル配列密度の高くし、高品位で高速に記録のできるインクジェット記録ヘッドを提供する。

【解決手段】 ノズル2が2次元的に配列されたインクジェット記録ヘッドにおいて、圧力発生室1と共通流路4とは、重なり合うように配置され、かつ、共通流路4は、幅が広い部分と幅が狭い部分を有するくびれ形状となっている。共通流路4をくびれ形状とすることにより、その幅を部分的に拡大し、共通流路4に十分な音響容量を確保する。このため、ノズルピッチ $P_c$ を狭く設定しても、安定した記録が可能になり、ノズル密度の高いインクジェット記録ヘッドを実現できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 それぞれが圧力発生室、該圧力発生室に連通するノズル、及び、圧力発生手段を含み、2 次元的に配列された複数個のイジェクタと、前記イジェクタを複数個連結する共通流路を含むインク供給系とを有し、前記共通流路を通じて前記圧力発生室にインクが充填され、前記圧力発生手段によって前記圧力発生室内のインクに圧力変化を生じさせ、前記ノズルからインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドであって、前記共通流路が、前記圧力発生室と平面的に重なり合うように配置されており、かつ、幅が広い部分と幅が狭い部分とを有するくびれ形状であることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項 2】 前記共通流路の形状が、前記共通流路を挟んで隣接する前記ノズルの間で幅が小さく、それ以外の部分では幅が広くなるように設定されていることを特徴とする、請求項 1 に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 3】 前記ノズルを形成する部材が前記共通流路のエアダンパを兼ねることを特徴とする、請求項 1 又は 2 の何れかに記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 4】 前記ノズルを形成する部材が樹脂フィルムで構成されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 3 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 5】  $c_c$  を前記圧力発生室の音響容量とすると、前記共通流路の音響容量  $c_p$  が次の条件式  $c_p > 2.0 c_c$  を満足するように設定されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 4 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 6】  $c_n$  を前記ノズルの音響容量とすると、前記共通流路の音響容量  $c_p$  が次の条件式  $c_p > 1.0 c_n$  を満足するように設定されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 5 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 7】 前記ノズルからインク滴を連続吐出した際のリフィル時間が、前記インク供給系内の準定常的インク流れによって生じる前記共通流路内の圧力降下によって、意図する吐出周期よりも大きくならないように、前記インク供給系の流路抵抗を設定したことを特徴とする、請求項 1 乃至 6 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 8】 前記ノズルからインク滴を連続吐出した際の前記共通流路の圧力降下が  $800 \text{ Pa}$  以下となるように前記インク供給系の流路抵抗が設定されていることを特徴とする、請求項 7 に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 9】 前記くびれ形状部分における前記共通流路の平面形状が滑らかな曲線によって構成されていることを特徴とする、請求項 1 乃至 8 の内の何れか 1 項に記

載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 10】 前記インク供給系が、複数の前記共通流路と、複数の前記共通流路を相互に連通する第 2 共通流路とを含むことを特徴とする、請求項 1 乃至 9 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 11】 前記第 2 共通流路にインクを供給するためのインク供給口が、前記第 2 共通流路の中央付近に設けられていることを特徴とする請求項 10 に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 12】 前記第 2 共通流路にインクを供給するためのインク供給口が、1 個の前記第 2 共通流路に対して複数個設けられていることを特徴とする、請求項 10 又は 11 の何れかに記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 13】 前記第 2 共通流路を複数有することを特徴とする、請求項 10 乃至 12 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 14】 前記複数の共通流路を二つ以上のグループに分け、各グループの前記共通流路をそれぞれ別々の前記第 2 共通流路に接続したことを特徴とする、請求項 13 に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 15】 前記共通流路がインクジェット記録ヘッドの主走査方向にほぼ平行となるように配置され、前記第 2 共通流路が前記主走査方向にほぼ垂直となるように配置されていることを特徴とする、請求項 10 乃至 14 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 16】 前記共通流路がインクジェット記録ヘッドの主走査方向にほぼ垂直となるように配置され、前記第 2 共通流路が前記主走査方向にほぼ平行となるように配置されていることを特徴とする、請求項 10 乃至 14 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項 17】 請求項 1 乃至 16 の内の何れか 1 項に記載のインクジェット記録ヘッドを備えていることを特徴とするインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ノズルからインク滴を吐出して文字や画像の記録を行うインクジェット記録ヘッド及びインクジェット記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】圧電アクチュエータ等の圧力発生手段を用いて、インクが充填された圧力発生室内に圧力波(音響波)を発生させ、その圧力波によって圧力発生室に連通したノズルからインク滴を吐出するドロップオンデマンド型インクジェットは一般によく知られている(特公昭 53-12138 号公報、特開平 10-193587 号公報)。

【0003】図 23 は、上記公報などで公知のインクジェット記録装置におけるイジェクタの一例を示してい

る。イジェクタ10は、共通流路4、エアダンパ26、インク供給路5、振動板8、圧電アクチュエータ3、圧力発生室1、及びノズル2により構成される。通常1つのイジェクタ10は、1つのノズル2を持つ。圧力発生室1には、インクを吐出するためのノズル2と、共通流路4を介してインクタンク（図示せず）からインクを導くためのインク供給路5が連通している。エアダンパ26は、共通流路4の上方に設けられ、圧力を吸収する。また、圧力発生室1の底面には振動板6が設けられ、振動板6の外側には圧電アクチュエータ7が取り付けられている。

【0004】インク滴8の吐出時には、圧電アクチュエータ7は、振動板6を変位させ、圧力発生室1に体積変化を生じさせ、圧力波を発生させる。この圧力波によって、圧力発生室1の中に充填されていたインクの一部がノズル2を通過して外部に噴射され、インク滴8となって飛翔する。飛翔したインク滴8は記録紙等の記録媒体上に着弾し、記録ドットを形成する。こうした記録ドットの形成を、画像データに基づいて繰り返し行うことによって、記録媒体上に文字や画像が記録される。

【0005】図24は、インク滴8の吐出前後におけるノズル2のメニスカス動作を模式的に示している。同図(a)に示すように、初めほぼ平坦な状態であったメニスカス9は、圧力発生室1が圧縮されるとノズル2の外部に向かって移動し、インク滴8を吐出させる（同図(b)）。インク滴8の吐出直後は、ノズル2内部のインク量が減少するため、凹形状のメニスカス9が形成される（同図(c)）。図中に示す $y$ は、この吐出後のメニスカス9の変位量である。凹形状になったメニスカス9は、インクの表面張力の作用によって同図(d)、(e)に示す状態を経て、徐々にノズル2の開口部まで復帰し、やがて吐出前の状態に回復する（同図(f)）。

【0006】図25は、インク滴8の吐出直後におけるメニスカス9の位置変化を示す。吐出直後（ $t=0$ ）に大きく後退したメニスカス9（ $y=-60\mu\text{m}$ ）は、同図に示すように振動しながら初期位置（ $y=0$ ）に復帰する。こうしたインク滴8の吐出後におけるメニスカス9の復帰動作のことを、リフィルと呼び、インク滴8の吐出後に、最初にメニスカス9がノズル2の開口面に復帰するまでの時間をリフィル時間（ $t_r$ ）と呼ぶ。

【0007】インクジェット記録ヘッドでは、記録速度を左右する最大のパラメータは、ノズル2の数である。ノズル2の数が多いほど、単位時間当たりに形成できるドット数が多く、記録速度を向上することができる。そのため、通常のインクジェット記録装置では、イジェクタ10を複数連結したマルチノズル型の記録ヘッドが多く用いられる。図26は、イジェクタ10を1次元配列した記録ヘッドを示している。記録ヘッドは、インクタンク20、インク管路18a、18b、フィルタ

19、及びイジェクタ10により構成される。インクタンク20は、インク管路18a、18b及びフィルタ19を介して共通流路4と接続されており、この共通流路4に複数のイジェクタ10が連通している。

【0008】しかし、このようなイジェクタ10を1次元的に配列する構造では、イジェクタ10の数をそれほど増やすことはできず、通常100個程度が上限といわれている。そこで、イジェクタを2次元的にマトリクス配列させることによってイジェクタの数を増加させたインクジェット記録ヘッド（以下、マトリクス配列ヘッドと呼ぶ）がこれまでにいくつか提案されている（特開平1-208146号公報、特表平10-508808号公報など）。

【0009】図27は、マトリクス配列ヘッドの一例を示している。図26の記録ヘッドとは、第2共通流路16を新たに備え、共通流路4が複数存在する点で相違する。それぞれの共通流路4は、第2共通流路16に連通しており、イジェクタ10は各共通流路4に複数接続されている。こうしたマトリクス配列ヘッド構造は、イジェクタ10の数を増加させるのに非常に有効である。例えば、共通流路4の数を26とし、各共通流路4に10個のイジェクタ10を接続することにより、260個のイジェクタ10を配列させることが可能となる。

【0010】図28は、特表平10-508808号公報に記載されているインクジェット記録ヘッドを示しており、(a)はイジェクタ10の断面を、(b)はイジェクタ10の配置を模式的に示している。同図(a)に示すように、インクジェット記録ヘッドは、圧力発生室1、ノズル2、運通路3、インク供給路5、振動板6、圧電アクチュエータ7、及び流路23から構成される。このインクジェット記録ヘッドは、ノズルプレート11、流路プレート25、及び振動板6を張り合わせることで形成される。隔壁27は、圧力発生室1の圧力が、流路23へ伝わらない厚みを有している。同図(b)に示すように、流路23は、流路24に連通している。この流路23は、図27の共通流路4に相当し、流路24は第2共通流路16に相当する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図27、28に示したような従来のマトリクス配列ヘッドでは、第1の課題として、共通流路4を挟んだノズル2の間隔（ノズルピッチ $P_c$ ）を小さく設定することができず、結果的にイジェクタ10の配列密度（単位面積当たりのノズル数）をあまり高くすることができないという問題があった。

【0012】図29は、マトリクス配列ヘッドの等価電気回路を示す。 $m$ はイナータンス [ $\text{kg/m}^4$ ]、 $r$ は音響抵抗 [ $\text{Ns/m}^5$ ]、 $c$ は音響容量 [ $\text{m}^5/\text{N}$ ]、 $\phi$ は圧力 [ $\text{Pa}$ ]を表わし、添字の $d$ は駆動部、 $c$ は圧力発生室、 $i$ はインク供給路、 $n$ はノズル、 $p$ は共通流

路、 $p'$  は第2共通流路をそれぞれ意味している。イジェクタ10を2次元的に配列したマトリクス配列ヘッドでは、図29に示すように、多数のイジェクタ10が共通流路4及び第2共通流路16によって連通している。そのため、同一共通流路4に連通したイジェクタ10の数が多い場合は、近接するイジェクタ10間のクロストーク（圧力干渉）等を抑制する必要がある、共通流路4には大きな音響容量を確保する必要がある。

【0013】しかし、後述するように、共通流路4の音響容量を増加させるためには、共通流路4の幅を大きく設定する必要がある。そのため、従来のマトリクス配列ヘッドでは、共通流路4を挟んで対向するノズル2間のノズルピッチ $P_c$ が大きくなり、高いノズル配列密度を実現することができなかった。

【0014】更に、従来のマトリクス配列ヘッドにおける第2の課題として、大径のインク滴8を複数イジェクタ10から短い周期で複数のイジェクタ10から同時に吐出（高周波同時吐出）させた場合に、吐出状態が不安定化するという問題があった。図30は、従来のマトリクス配列ヘッドを用いて、インク滴8の滴体積、吐出周波数を変化させて、吐出の安定性を調べた結果の一例であり、(A)はインク滴体積20p1、(B)はインク滴体積30p1の時の結果を示す。なお、吐出の安定性はインク滴8の飛翔速度（滴速）の変化として評価した。

【0015】グラフ(A)に示すように、滴体積20p1のインク滴をマトリクス配列された260個のイジェクタ10から同時に吐出した場合には、10kHz以上の吐出周波数で滴速の不安定化が確認され、15kHz以上で不吐出となった。このときのインク滴8の吐出状態をストロボ観察した結果、10kHz以上の吐出周波数では、大径の滴と小径の滴が交互に吐出されるような吐出状態が多く観察され、滴径や滴速がランダムに変化する場合も観測された。また、滴体積を30p1に増加した場合には、グラフ(B)に示すように7kHz以上の吐出周波数で同様の吐出不安定化が観察された。

【0016】実験評価の結果、上記の吐出不安定化現象は、同時吐出させるイジェクタ10の数が多い場合や、吐出周波数が高い場合、あるいは吐出させるインク滴8の径が大きい場合などに発生しやすいことがわかった。また、吐出不安定化が発生すると、同じ共通流路4に接続された全てのイジェクタ10がほぼ同様に不安定化することが確認された。こうした観察結果から考えると、上記吐出不安定化現象は、各イジェクタ10間の音響的なクロストークに起因したものではなく、従来問題視されたことのない新たな吐出不安定化現象であるといえる。

【0017】上記のような吐出不安定化現象が発生すると、インク滴8の滴体積や滴速が非常に不安定となるため、出力画像の品質が大幅に低下してしまう。また、不

安定化の度合いが著しい場合には、ノズル2内部に気泡を巻き込み、不吐出を生じさせてしまうこともある。こうした吐出不安定化現象が発生するため、従来のマトリクス配列ヘッドでは、大径のインク滴8を多数のイジェクタ10から高周波同時吐出させることができず、高速記録に有利というマトリクス配列ヘッドの特徴を十分に発揮させることができなかった。

【0018】本発明は、ノズル配列密度の高いマトリクス配列ヘッドを低い製造コストで実現し、更に大径インク滴を複数イジェクタから高周波同時吐出させる際に発生する吐出不安定化現象を抑制し、安定した高速記録を可能とするマトリクス配列ヘッドを提供することを目的とする。

#### 【0019】

【課題を解決するための手段】本発明者は、インクジェット記録ヘッドのイジェクタ間で発生するクロストークを防止するために、種々の検討を重ねた結果、以下の知見に想到し、本発明を成すに至った。ここで、共通流路4の音響容量と、共通流路4の幅とは密接な関係がある。共通流路4の音響容量 $c_v$ は、共通流路壁の剛性が高い場合には、下式で表わされる。 $V_p$ は共通流路4の容積[m<sup>3</sup>]、 $\kappa$ はインクの弾性係数[Pa]、 $K_1$ は共通流路壁の剛性に依存する補正係数であり、通常は0.3～0.7程度の値となる。

$$c_v = V_p / (\kappa K_1) \quad (1)$$

共通流路4の音響容量は共通流路の容積 $V_p$ に比例する。共通流路4の高さには上限があるため（通常100～200 $\mu$ m程度）、大きな音響容量（容積）を確保するためには、共通流路4の幅を大きく設定する必要がある。

【0020】また、図23に示すように、共通流路4の一部に剛性の小さなエアダンパ26を付与することによって、共通流路4の音響容量を増加させることもできる。この場合、エアダンパ26によって共通流路4に付与される音響容量 $c_d$ は、エアダンパ幅を $W_d$ [m]、エアダンパ厚さを $t_d$ [m]、エアダンパ長さを $l_d$ [m]、エアダンパの弾性係数を $E_d$ [Pa]、エアダンパのポアソン比を $\nu_d$ とすると次式から算出できる。

#### 【数1】

$$c_d = \frac{l_d W_d^3 (1 - \nu_d^2)}{60 E_d t_d^3} \quad (2)$$

すなわち、エアダンパ26により付与される音響容量 $c_d$ はエアダンパ幅 $W_d$ の5乗に比例する。図23に示すインクジェット記録ヘッドでは、エアダンパ26の幅は、共通流路4の幅であるので、音響容量 $c_d$ を大きな値に設定するためには、共通流路4の幅を大きく設定する必要がある。共通流路の全体の音響容量 $c_p$ は、 $c_v$ と $c_p$ を足した値となる。

【0021】上記のように、共通流路4に大きな音響容量を確保するためには、共通流路4の幅を大きく設定す



る必要がある。しかし、図 28 に示したような従来のマトリクス配列ヘッドでは、共通流路 4 に大きな幅を確保するためには、ノズルピッチ  $P_c$  を非常に大きく設定しなければならず、そのためノズルの配列密度が減少してしまう。すなわち、共通流路を直線状に形成した図 28 に示したような従来のマトリクス配列ヘッドでは、構造上の要件から、ノズルピッチ  $P_c$  を次の条件式を満足するように設定するしかなかった。ここで、 $W_p$  は流路 23 の所要幅、 $d_1$  は連通路 3 の径、 $W_{w1}$  は連通路 3 と流路 23 の間の隔壁幅である。

$$P_c \geq W_p + d_1 + 2W_{w1} \quad (3)$$

これは、このマトリクス配列ヘッドでは、流路 23 の同一平面内に連通路 3 が形成されており、両者は隔壁 27 によって分離されていなければならないためである。

【0022】連通路 3 には、ノズル 2 にインクを低い流体抵抗で導くと同時に、インク滴 8 の吐出方向を安定化させるという機能が求められる。このため、ある程度大きな径が必要となり、一般的なインクジェット記録ヘッドでは  $100 \sim 150 \mu m$  程度である。また、連通路 3 と流路 23 の間の隔壁 27 は、ノズルプレート等との接合を実行するために、ある程度の幅が必要になる。例えば、流路プレート 25 とノズルプレート 11 を接着剤によって接合する場合には、隔壁 27 の幅を  $100 \mu m$  以上に設定しないと接着不良が発生しやすくなる。接着不良が発生すると、連通路 3 と流路 23 の間で圧力波リークが発生し、正常な圧力波発生が実行できなくなるといった問題が生じる。このように、連通路径  $d_1$  及び隔壁幅  $W_{w1}$  には一定以上の大きさが必要となるため、直線状の流路 23 を有する従来のマトリクス配列ヘッドでは、ノズルピッチ  $P_c$  を小さく設定し、高いノズル配列密度を実現することが困難であった。

【0023】上記知見に基づいて、本発明のインクジェット記録ヘッドは、それぞれが圧力発生室、該圧力発生室に連通するノズル、及び、圧力発生手段を含み 2 次元的に配列された複数個のイジェクタと、イジェクタを複数個連結する共通流路を含むインク供給系とを有し、共通流路を通じて圧力発生室にインクが充填され、圧力発生手段によって圧力発生室内のインクに圧力変化を生じさせ、ノズルからインク滴を吐出させるインクジェット記録ヘッドであって、共通流路が圧力発生室と平面的に重なり合うように配置されており、かつ、幅が広い部分と幅が狭い部分とを有するくびれ形状であることを特徴とする。

【0024】くびれ形状の形態としては、共通流路を挟んで対向する 2 つのノズルの間で幅が小さく、それ以外の部分では幅が広くなるように設定されていることが好適である。本発明のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路をくびれ形状とすることにより、共通流路の幅を部分的に大きく拡大している。これにより、ノズルピッチ  $P_c$  を従来ヘッドより小さく設定しても、十分な音響

容量を確保することが可能となる。本発明のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路の幅を  $W_1$ 、共通流路間での隔壁幅を  $W_{w2}$  とした場合（図 5 参照）、ノズルピッチ  $P_c$  を次の範囲に設定することが可能となる。

$$P_c \geq W_1 + W_{w2} \quad (4)$$

$W_{w2}$  は  $W_{w1}$  とほぼ同程度の値となるが、共通流路間での圧力波リークは吐出特性に大きな問題を発生させないことから、 $W_{w2}$  は  $W_{w1}$  よりも小さく設定することも可能である。つまり、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、ノズルピッチ  $P_c$  を従来のマトリクス配列ヘッドに比べ、少なくとも  $(d_1 + W_{w1})$  の分だけ減少させることができ、ノズルの配列密度を大幅に増加することが可能となる。

【0025】また、本発明のインクジェット記録ヘッドは、ノズルを形成する部材が共通流路のエアダンパを兼ねることを特徴とする。これにより、少ない部材で共通流路のエアダンパを構成することができ、ノズル配列密度の高いインクジェット記録ヘッドを低い製造コストで実現できるという効果が得られる。

【0026】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、ノズルを形成する部材が樹脂フィルムで構成される。これにより、エアダンパに大きな音響容量を確保することができ、幅の狭い共通流路で所要とする音響容量を得られ、ノズルの配列密度を更に増加させることが可能となる。

【0027】また、本発明のインクジェット記録ヘッドは、共通流路の音響容量  $c_p$  が次の条件式を満足するように設定される。

$$c_p > 20 c_c$$

これにより、各イジェクタ間の音響的クロストークの発生を防止することができ、吐出特性の均一性及び安定性が高いインクジェット記録ヘッドを実現できるという効果が得られる。

【0028】また、本発明のインクジェット記録ヘッドは、共通流路の音響容量  $c_p$  が次の条件式を満足するように設定される。

$$c_p > 10 c_n$$

これにより、複数イジェクタを同時吐出させたときのリフィル時間増加を防止することができ、吐出特性の均一性及び安定性を更に向上できるという効果が得られる。

【0029】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、ノズルからインク滴を連続吐出した際のリフィル時間が、インク供給系内の準定常的インク流れによって生じる共通流路内の圧力降下によって、意図する吐出周期よりも大きくならないように、インク供給系の流路抵抗が設定される。

【0030】更に、ノズルからインク滴を連続吐出した際の共通流路の圧力降下が  $800 Pa$  以下となるようにインク供給系の流路抵抗が設定される。

【0031】これにより、大径インク滴を複数イジェク

タから高周波同時吐出した際に発生する吐出不安定化現象を抑制でき、高速記録に適したインクジェット記録ヘッドを実現することが可能となる。

【0032】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、くびれ形状部分における共通流路の平面形状が滑らかな曲線によって構成される。これにより、共通流路内でのインク流れを均一化し、共通流路内での気泡残留を防止することができるため、信頼性の高いインクジェット記録ヘッドを実現することが可能となる。

【0033】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、インク供給系が、複数の共通流路と、この複数の共通流路を連結する第2共通流路とを含み構成される。これにより、多数のイジェクタに対して効率的にインク供給を行うことができ、ヘッド全体のサイズを減少できるという効果が得られる。

【0034】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、第2共通流路に、インクを供給するためのインク供給口が、第2共通流路の中央付近に設けられる。これにより、第2共通流路の所要幅を低減することができ、ヘッドサイズを減少できるという効果が得られる。

【0035】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、第2共通流路に、インクを供給するためのインク供給口が複数設けられる。これにより、第2共通流路の所要幅を低減することができ、ヘッドサイズを減少できると共に、ゴミ等による流路詰まりの影響を受け難いインクジェット記録ヘッドを実現することができる。

【0036】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、第2共通流路が複数具備される。これにより、第2共通流路の所要幅を低減でき、ヘッドサイズを減少できると共に、第2共通流路内での気泡残存を防止することができるという効果が得られる。

【0037】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路がインクジェット記録ヘッドの主走査方向にほぼ平行となるように配置され、第2共通流路が主走査方向にほぼ垂直となるように配置される。これにより、副走査方向のヘッド全長を短く設定することができるため、記録媒体搬送用のローラ間距離を短く設定し、記録媒体の搬送を安定化できるという効果が得られる。

【0038】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路がインクジェット記録ヘッドの主走査方向にほぼ垂直となるように配置され、第2共通流路が主走査方向にほぼ平行となるように配置される。これにより、主走査方向のヘッド全幅を短く設定することができ、高速記録に更に有利なインクジェット記録ヘッドを実現することができる。

【0039】また、本発明のインクジェット記録ヘッドでは、複数の共通流路を二つ以上のグループに分け、各グループの共通流路をそれぞれ別々の第2共通流路に接続させる。これにより、共通流路及び／又は第2共通流路の所要断面積を低減することができ、ノズル配列密度

を更に増加させることができるという効果が得られる。

【0040】本発明に係るインクジェット記録装置は、インクジェット記録ヘッドを備えていることを特徴とする。このようなインクジェット記録装置によると、極めて高い記録速度を有するインクジェット記録装置を実現することができる。

#### 【0041】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照し、本発明の実施形態例に基づいて、本発明について更に詳しく説明する。

#### 【0042】第1実施形態例

図1は、第1実施形態例のインクジェット記録ヘッドのイジェクタ10の断面を示している。イジェクタ10は、圧力発生室1、ノズル2、運通路3、共通流路4、インク供給路5、振動板6、及び圧電アクチュエータ7を含み構成される。

【0043】圧力発生室1はインク供給路5を介して共通流路4に連通しており、圧力発生室1内にインクが充填される。圧力発生室1には、インク滴8を吐出するためのノズル2が連通している。また、圧力発生室1の底面は振動板6となっており、振動板6には圧力を発生する圧電アクチュエータ（圧電振動子）7が取り付けられる。この圧電アクチュエータ7に駆動電圧を印加すると、圧電アクチュエータ7がたわみ、振動板6を介して圧力発生室1を膨張又は圧縮させる。圧力発生室1に体積変化が生じると、圧力発生室内1に圧力波が発生する。この圧力波の作用によってインクが力を受け、ノズル2から外部へ排出されることによりインク滴8が形成される。

【0044】図2は、図1のイジェクタ10を2次元的に配列したインクジェット記録ヘッドの構成を示している。インクジェット記録ヘッドは、ノズルプレート11、共通流路プレート12、供給路プレート13、圧力発生室プレート15、及び振動板6の計5枚のプレートで構成される。これらを接着剤によって積層接合することにより、アレイ状に配列された複数のイジェクタ10と、インク供給路17を介してインクが供給される第2共通流路16とが形成される。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路4と圧力発生室1とを平面的に重なるように配置し、共通流路4がくびれ形状を持つことで音響容量を確保し、クロストークの発生を防ぐ。

【0045】図2に示すように、共通流路4は、ヘッドの主走査方向にほぼ平行となるように配置され、副走査方向にほぼ平行となるように配置された第2共通流路16と連通している。第2共通流路16は、インク供給口17を介してインクタンク（図示せず）と連通しており、各共通流路4にインクを供給する役割をする。共通流路4には、圧力発生室1が連通している。本実施形態例では、第2共通流路16に26本の共通流路4を連通

し、それぞれの共通流路4に10個のイジェクタ10を配設したことで、ノズル数が260個のインクジェット記録ヘッドとなった。

【0046】図3は、本実施形態例におけるイジェクタ10の配列方法を模式的に示している。同図(a)に示すように、同一共通流路4に連通したイジェクタ10は、それぞれ副走査方向に $P_c (= P_c / n$  ;  $n$ は同一共通流路4に接続されているイジェクタ10の数)だけずらして配置されており、ヘッドを主走査方向に走査する過程において、吐出タイミングをずらしながら各列のイジェクタ10からインク滴8を吐出することにより、ピッチ $P_c$ のドット列が形成される。同図(b)は、本実施形態例における各イジェクタ10列の吐出タイミングを表わしている。本実施形態例では、列間の距離 $P_n$ を $600 \mu m$ 、ヘッドの走査速度を $1 m/s$ に設定している。従って、各列の吐出タイミングを $600 \mu s$ ずらして吐出させることで、同図(b)のように主走査方向に対して同じ位置にドットを着弾させることができる。このように、ピッチ $P_c$ の小さなドット列を一回のヘッド走査によって形成できることが、マトリクス配列ヘッドの大きな特長の一つである。

【0047】本実施形態例では、ノズルプレート11に厚さ $25 \mu m$ のポリイミドフィルムを用い( $E_d = 2.0 GPa$ 、 $\nu_d = 0.4$ )、エキシマレーザ加工によって、開口径 $25 \mu m$ のノズル2を形成した。後述するように、このノズルプレートは共通流路のエアダンパ26としても機能する。供給路プレート13には、厚さ $75 \mu m$ のステンレス板を用い、プレスによって開口径 $26 \mu m$ のインク供給路5を形成した。共通流路プレート12及び圧力発生室プレート15には、厚さ $120 \mu m$ のステンレス板を用い、ウェットエッチングによって流路パターンを形成した。

【0048】圧力発生室1は、一辺の長さが $400 \mu m$ 、アスペクト比(縦横比)が1の四角形とし、圧力発生室1の角部には、インク流れの淀みを防止するためにR形状を付与した。共通流路4は、図1に示すように、圧力発生室1と平面的に重なり合うように配置されている。なお、平面的に重なり合うとは、ヘッドの走査面側から見て重なり合うことをいう。以下単に重なり合うとも称する。このように、共通流路4を圧力発生室1と重なり合うように配置すると、共通流路4と圧力発生室1とを同一平面内に配置した場合に比べ、小さい面積の中に共通流路4と圧力発生室1とを効率的に配置できるため、ヘッドの小型化(イジェクタ10の高密度配列)に有利となる。振動板6には、厚さ $10 \mu m$ のステンレス板を用い、また圧電アクチュエータ7には、厚さ $30 \mu m$ の単板状圧電セラミクスを用いた。

【0049】図4は、圧電アクチュエータ7に印加した駆動電圧波形の一例である。本駆動電圧波形は、圧力発生室1を圧縮する方向に電圧を変化させる第1電圧変化

(昇圧)プロセス51と、印加電圧を元のバイアス電圧( $V_b$ )に戻すための第2電圧変化(降圧)プロセス52により構成されている。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、 $V_1$ を $30 V$ に設定した際に滴体積 $20 p l$ のインク滴を吐出することが可能であった。また、単ノズル駆動時のリフィル時間( $t_r$ )は $35 \mu s$ であった。

【0050】図5は、イジェクタ10の配列を模式的に示している。なお、図3に示すピッチ $P_c$ のノズル位置ずれは、省略して示している。図5は、図1のA-A矢視図である。共通流路4の幅は、共通流路4を挟んで対向するノズルA-B間で最小( $W_2$ )となり、共通流路4に沿って隣接するノズルA-C間で最大( $W_1$ )となるようにぐね形状をしている。共通流路4をこのようにぐね形状にしているため、共通流路4には部分的に大きな幅( $W_1$ )を確保することができ、大きな音響容量を得ることができる。つまり、共通流路を直線状とした従来ヘッドと比較すると、小さなノズルピッチ $P_c$ で共通流路に必要とされる音響容量を確保することが可能になる。

【0051】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路4の最大幅( $W_1$ )を $500 \mu m$ 、連通路3の径( $d_T$ )を $150 \mu m$ 、連通路3と共通流路4の間の隔壁40の幅 $W_{w1}$ を $100 \mu m$ 、共通流路4間の隔壁41の幅 $W_{w2}$ を $100 \mu m$ に設定した。このため、共通流路4を挟んで隣接するノズル2間のノズルピッチ $P_c$ は、 $600 \mu m (= W_1 + W_{w2})$ となり、共通流路4の最小幅( $W_2$ )は、 $250 \mu m (= P_c - d_T - 2 W_{w1})$ となった。共通流路4に沿って隣接するノズル2間のノズルピッチ $P_n$ は $600 \mu m$ に設定した。

【0052】共通流路4の上面は、剛性の低いノズルプレート11で構成され、この部分がエアダンパ26として機能する。このインクジェット記録ヘッドでは、1つのイジェクタ10当たりの共通流路4(エアダンパ26)の音響容量 $c_p (= c_d)$ は、式(1)及び(2)から、約 $8.4 \times 10^{-18} m^5/N$ となる。

【0053】ここで、共通流路4に必要とされる音響容量について、本発明者が明らかにした知見について説明する。本発明者は、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドについて、図6に示す回路モデルを用いた等価回路解析を行い、また実際のインク滴吐出実験を行った。その結果、共通流路4を介した音響的クロストークの発生率は、共通流路4の音響容量 $c_p$ と圧力発生室1の音響容量 $c_c$ の比率に依存し、 $c_p > 20 c_c$  (5)

の条件を満たせば、クロストークの発生を防止できることを見出した。なお、図6の等価回路は、一つの共通流路4を切り出した回路モデルである。

【0054】圧力発生室1の音響容量 $c_c$ は、圧力室容積を $V_c [m^3]$ 、インクの弾性係数を $\kappa [Pa]$ 、圧力

発生室の剛性等に依存する補正係数を $K_2$ とすると、次式で表わされる。

$$c_c = V_c / (\kappa \cdot K_2) \quad (6)$$

また、共通流路4の音響容量 $c_p$ は、式(1)及び式(2)によって求められる。なお、音響容量 $c_p$ はイジェクタ1個当たりの音響容量であり、例えば、共通流路4全体の音響容量が $1 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ であり、その共通流路4に10個のイジェクタ10が均等に接続されている場合、 $c_p$ は、 $1 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ となる。イジェクタ10が均等配置されていない場合には、配置状態に対応して共通流路4の音響容量を各イジェクタ10に配分する。本実施形態例では、600 $\mu\text{m}$ のピッチ( $P_n$ )でイジェクタ10が均等配置されているため、式(2)においてエアダンパ26の長さを $l_d = 600 \mu\text{m}$ として計算すれば、イジェクタ1個当たりの音響容量を求めることができる。

【0055】図7は、 $c_p/c_c$ を変化させてクロストークの発生率変化を調べた結果を示している。クロストーク発生率は、1個のイジェクタ10を単独吐出させた場合の滴速 $v_1$ と、全イジェクタ10を同時吐出させた際の滴速 $v_2$ から $(v_2 - v_1)/v_1$ として評価した。図7のグラフから、 $c_p/c_c$ の増加に伴ってクロストーク発生率が減少し、 $c_p > 20 c_c$ の条件を満たせば、クロストーク発生率を10%以下に抑えることができることがわかる。また、 $0.1 < c_p/c_c < 10$ の範囲内では、クロストークの発生率が非常に大きくなった。これは、圧力発生室1から伝播した圧力波によって共通流路4内に圧力波が生じるが、 $0.1 < c_p/c_c < 10$ の条件では、共通流路4内の圧力波と圧力発生室1内の圧力波の振動周波数が近くなり、一種の共振現象が発生するためと考えられる。

【0056】実際に、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドにおいて、エアダンパ26の幅及び材質を変化させ、 $c_p/c_c$ が異なるヘッドを複数試作してクロストークの発生率を調べたところ、図7に示すように、等価回路解析結果と非常によく一致する結果が得られた。なお、厳密には、共通流路4のイナータンス $m_p$ や音響抵抗 $r_p$ もクロストーク発生率に影響を及ぼすが、通常のインクジェット記録ヘッドではその影響は非常に小さく、クロストークの発生率は上記のように $c_p/c_c$ によって支配されると考えてよい。

【0057】また、本発明者は、図8に示した回路モデルを用いた等価回路解析、及び実際のインク滴吐出実験を行った結果、複数のイジェクタ10から同時に吐出を行った場合のリフィル時間 $t_r$ は、共通流路4の音響容量 $c_p$ とノズルの音響容量 $c_n$ の比率に依存し、 $c_p > 10 c_n$  (7)

の条件を満たせばリフィル時間増加を抑制することが可能であることを見出した。なお、図8の等価回路は、一つの共通流路を切り出し、更にリフィル現象を解析する

のに適した形に変更した回路モデルである。 $m_e$ はイジェクタ全体のイナータンス( $=m_1+m_2+m_3$ )を示しており、 $r_e$ はイジェクタ全体の音響抵抗( $=r_1+r_2+r_3$ )を示している。

【0058】ノズルの音響容量 $c_n$ は、ノズル開口径を $d_n$  [m]、インク表面張力を $\sigma$  [N/m]、メニスカスの引き込み量を $y$  [m]とすると、次式のように表わされる。

【数2】

$$c_n = \frac{\pi d_n^4}{64\sigma} \sqrt{1 + \frac{16y^2}{d_n^2}} \quad (8)$$

上式のように、ノズルの音響容量 $c_n$ はメニスカスの引き込み量 $y$ に依存するが、ここでは代表値として $y \approx d_n/4$ とし、 $c_n$ を次式のように定義する。

【数3】

$$c_n = \frac{\pi d_n^4}{48\sigma} \quad (9)$$

【0059】図9は、 $c_p/c_n$ とリフィル時間 $t_r$ の関係を調べた結果を示している。なお、 $c_n = 8.5 \times 10^{-19} \text{m}^5/\text{N}$ である。この結果から、 $c_p/c_n$ が大きくなると $t_r$ が小さくなり、 $c_p > 10 c_n$ の条件を満たせばリフィル時間の増加を防ぐことができ、かつ、イジェクタ間のリフィル時間差を無くすることが可能になることが明らかになった。また、 $4 < c_p/c_n < 10$ の範囲内では、リフィル時間の増加が異常に大きくなることが明らかになった。これは、上記のクロストークの場合と同じく、圧力発生室内の圧力波と共通流路内の圧力波の間に干渉が生じるためと考えられる。

【0060】実際の吐出実験によって $c_p/c_n$ の関係を調べた結果、図9に示すように、等価回路解析結果と非常によく一致する結果が得られた。また、リフィル時間 $t_r$ の増加に対しても、共通流路のイナータンス $m_p$ 及び音響抵抗 $r_p$ の影響は小さく、通常のインクジェット記録ヘッドでは、 $c_p/c_n$ をもとに共通流路4の特性設定を行えばよいことが、複数種類のインクジェット記録ヘッドを試作した結果から明らかになった。

【0061】上述のように、各イジェクタ間のクロストーク、及び同時吐出時におけるリフィル時間増加を抑制するためには、式(5)及び式(7)の条件を満たす必要がある。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路4の音響容量 $c_p$ ( $\approx c_d$ )は $8.4 \times 10^{-18} \text{m}^5/\text{N}$ 、ノズルの音響容量 $c_n$ は $7.3 \times 10^{-19} \text{m}^5/\text{N}$ ( $d_n = 25 \mu\text{m}$ 、 $\sigma = 35 \text{mN/m}$ )、圧力発生室の音響容量 $c_c$ は $3.9 \times 10^{-20} \text{m}^5/\text{N}$ であるため、 $c_p$ は $c_n$ の約12倍、 $c_c$ の約215倍であり、式(5)及び式(7)の条件を共に満足できている。

【0062】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドを、吐出周波数及び同時吐出イジェクタ数を変化させながら、滴体積、滴速、及びリフィル時間 $t_r$ を調べた結果、滴体積及び滴速は $\pm 2\%$ 、リフィル時間 $t_r$ は $\pm 2$

$\mu s$  以内の範囲内に収まり、クロストークやリフィル時間増加が良好に抑制できることが確認された。つまり、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、ノズルピッチ  $P_c$  が  $600 \mu m$  と小さいにもかかわらず、共通流路の音響容量は十分確保されていることが確認された。

【0063】比較例として図28に示したような直線状の共通流路を有する従来ヘッド構造において、ノズルピッチ  $P_c$  を本実施形態例と同じ  $600 \mu m$  に設定したヘッドを試作し、特性の評価を行った。連通路径 ( $d_T$ ) 及び連通路3と共通流路4の間の隔壁幅 ( $W_{w1}$ ) は、本実施形態例と同じくそれぞれ  $150 \mu m$ 、 $100 \mu m$  に設定したため、式(3)より、共通流路の幅は  $250 \mu m$  となった。そのため、エアダンパ26の音響容量は  $2.3 \times 10^{-10} m^5 / N$  と小さく、式(5)及び式(7)の条件を満たすことができなくなり、大きな音響的クロストークが発生し、インク滴8の滴体積や滴速に  $\pm 10\%$  以上のばらつきが発生した。

【0064】また、複数ノズルを同時吐出した際には、リフィル時間  $t_r$  が増加し、吐出周波数を  $12 kHz$  に低下させないと、安定した吐出を実行することが困難であった。つまり、従来のマトリクス配列ヘッドでは、ノズルピッチ  $P_c$  を本実施形態例のように小さな値に設定すると、共通流路4に十分な音響容量を確保することができなくなり、クロストークやリフィル時間  $t_r$  増加などの問題が発生することが確認された。

【0065】前述のように、直線状の共通流路4を有する従来ヘッド構造で、共通流路4に十分な音響容量を確保するためには、ノズルピッチ  $P_c$  を大きく設定せざるを得ない。上記の比較例では、本実施形態例のノズルピッチが  $600 \mu m$  であるのに対し、従来ヘッド構造ではノズルピッチ  $P_c$  を  $850 \mu m$  以上に設定しなければ、本実施形態例と同等の安定したインクジェット記録ができない。つまり、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、従来ヘッドに比べてノズルピッチ  $P_c$  を約  $42\%$  低減することができ、ノズル配列密度を大幅に高めることが可能である。

【0066】以上のように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、ノズルプレート11を剛性の低い樹脂材料とし、これを共通流路4のエアダンパ26として機能させ、かつ、圧力発生室1と重なり合うように配置した共通流路4をくびれ形状としたことにより、ノズルピッチ  $P_c$  を  $600 \mu m$  と小さく設定し、ノズル密度を  $2.8$  個/ $1 mm^2$  とすることができた。その結果、 $260$  個のイジェクタ10を持つインクジェット記録ヘッドを、 $8 mm \times 16 mm$  という小面積で実現することができた。

#### 【0067】第2実施形態例

図10は、本発明の第2実施形態例のインクジェット記録ヘッドの構成を示している。本実施形態例のインクジ

ェット記録ヘッドは、先の実施形態例とは、供給路プレート13と圧力発生室プレート15との間に連通路プレート14がある点、ノズルプレート11に剛性の高い金属板（ステンレス板）を使用する点、及び供給路プレート13に剛性の低い樹脂フィルムを使用する点において相違する。図11(a)は、図10のインクジェット記録ヘッドのイジェクタ10の1個分の断面を示している。本実施形態例のイジェクタ10は、先の実施形態例の構造とは異なり、圧力発生室1と共通流路4との間の連通路プレート14に、凹部22が形成されている。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、エアダンパ26の厚さを小さくすることができ、更にノズルピッチを狭くし、共通流路4のくびれ形状部分に緩やかな曲線を付したことで気泡の残留を防ぐ。

【0068】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドを試作するため、ノズルプレート11に厚さ  $60 \mu m$  のステンレス板を用い、プレス加工によって開口径  $25 \mu m$  のノズル2を形成した。供給路プレート13には、厚さ  $12.5 \mu m$  のポリイミドフィルム ( $E_d = 2.0 GPa$ 、 $\nu_d = 0.4$ ) を用い、エキシマレーザ加工によって、開口径  $20 \mu m$  のインク供給路5を形成した。この供給路プレート13は、後述するように、共通流路4のエアダンパ26として機能する。なお、供給路プレート13の厚さは、エアダンパ26に大きな容量を確保するために、 $30 \mu m$  以下であることが望ましい。

【0069】共通流路プレート12、連通路プレート14、及び圧力発生室プレート15には、厚さ  $120 \mu m$  のステンレス板を用い、エッチングによって流路パターンを形成した。圧力発生室1は、一辺の長さが  $400 \mu m$  で、縦横比が1に近い四角形の平面形状とし、気泡排出性を良くするために、角部にはRを付与した。連通路プレート14には、共通流路4に対応した部分にハーフエッチングによって凹部22を形成した。この凹部22は、供給路プレート13と連通路プレート14を積層した際に、両者の間に空洞部を形成するためのもので、この部分がエアダンパ26として機能する。

【0070】なお、連通路プレート14に凹部22を設けずに、図11(b)のように、供給路プレート13と、連通路プレート14との間に別のプレート14' を貼り合わせ、同様の構造を作ることにも可能である。しかし、本実施形態例のようにハーフエッチングによって凹部22を形成すると、ヘッドを構成するプレートの数を減らすことができ、製造コストの低減に有利となる。また、図11では図示していないが、凹部22には外気と連通させるための通気路が設けられている。これにより、凹部22によって形成される空洞内の空気は常に外気と同一圧力となるため、エアダンパ26の機能を向上できると共に、密閉空間がなくなるため、ヘッド製造時におけるプレート積層接合を容易とすることができる。

【0071】図12は、図11のイジェクタの断面を示

し、(a)はA-A断面、(b)はB-B断面を示している。同図(a)に示すように、共通流路4は、第1実施形態例と同様のくびれ形状を有している。同様に、連通路プレート14に形成した凹部22の形状も、同図(b)のB-B断面図に示すように、共通流路4の形状に対応したくびれ形状となっている。

【0072】上記のように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路4の底面は剛性の低い供給路プレート13で構成されており、この部分がエアダンパ26として機能する。このため、供給路プレート13の厚さを薄くでき、エアダンパ26の厚さが非常に薄く設定できる。従って、ノズルピッチ $P_c$ を狭く設定した場合であっても、共通流路4に十分な音響容量を確保でき、ノズル配列密度を更に増加させることが可能となる。

【0073】第1実施形態例のように、ノズルプレート11をエアダンパとした場合は、エアダンパ厚の減少には限界があった。これは、エアダンパ厚の減少はノズル2の長さの減少を意味し、ノズル2の長さが短くなると、インク滴8の吐出方向が悪化したり、気泡の巻き込みが発生したりし易くなるなどの問題が生じるためである。このため、第1実施形態例のヘッド構造では、20～50 $\mu\text{m}$ 程度がエアダンパ厚の下限である。また、第1実施形態例のヘッド構造では、エアダンパ26が外部に露出しているため、ノズルプレート11の破損防止、ノズル2のワイピング時の気泡巻き込み防止などヘッドの信頼性向上の観点からも、エアダンパ厚を一定以上大きく設定する必要がある。

【0074】本実施形態例のヘッド構造では、ノズル2とエアダンパ26は独立した構造であり、また、エアダンパが外部に露出していないため、エアダンパ厚を非常に小さく設定することが可能である。本実施形態例では、エアダンパ厚である供給路プレート厚を12.5 $\mu\text{m}$ に設定した。式(2)からわかるように、エアダンパ26の音響容量は厚さの3乗に反比例するため、エアダンパ厚を減少させると、同じ音響容量を実現するエアダンパ26の幅を低減させることができる。本実施形態例では、共通流路4の最大幅 $W_1$ を400 $\mu\text{m}$ 、ノズルピッチ $P_c$ を500 $\mu\text{m}$ と、第1実施形態例よりもそれぞれ減少させているが、共通流路4には第1実施形態例よりも大きな音響容量( $2.2 \times 10^{-17} \text{m}^5/\text{N}$ )が確保できる。

【0075】また、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、図12に示すように、共通流路4のくびれ部にR部28を付与し、共通流路4の平面形状を滑らかな曲線により構成している。これは、共通流路4内でのインク流れを均一化し、気泡の排出性を向上させるためである。共通流路4をくびれ形状とした場合、共通流路4内の流速には大きな不均一が発生しやすくなる。特に、第1実施形態例のように、共通流路4の形状に大きな段

差があるような構造では、段差部の近傍に流速の非常に小さい淀み点が発生しやすい。そのため、共通流路4にインクを流入させた際に、その淀み点に気泡が残留する場合がある。

【0076】共通流路4内に気泡が残留しても、気泡が移動しない限り吐出特性に大きな影響を及ぼすことはない。しかし、振動等のなんらかの要因で残留していた気泡が移動し、インク供給路5を経て圧力発生室1内に流入すると、そのイジェクタ10からはインク滴8を正確に吐出することが不可能となってしまう。つまり、共通流路4内での気泡残留は、インクジェット記録ヘッドの信頼性を大きく損なう原因となるため、共通流路4内の気泡残留を防止する必要がある。そこで本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、共通流路4のくびれ部分にR部28を付与することにより、上記淀み点の発生を防止し、気泡の残存を抑制している。

【0077】R部28における曲率半径(R)の好適範囲は、共通流路4内での平均インク流速、供給流路4の壁の材質、インク材料などによって変化するが、本発明者が多数のヘッドを試作評価した結果によると、 $R \geq G/4$ に設定することが好適である。ここで、Gは図12に示すような段差の大きさである。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、 $G = 125 \mu\text{m}$ であり、Rを50 $\mu\text{m}$ に設定した。

【0078】上記のようなR部28を付与した共通流路4を持つインクジェット記録ヘッドを用いて、インク充填評価を実施した結果、共通流路4内での気泡残留が全く発生しないことが確認された。インク充填評価は、300mmHgの吸引圧力でノズルからインクを5秒間吸引した後で、共通流路4内の状態を顕微鏡観察し、残留気泡の有無を確認することにより行った。比較対象として、第1実施形態例のインクジェット記録ヘッドについても同様のインク充填評価を実施したところ、約60%の確率でくびれ部(段差部)に気泡が残留した。

【0079】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドを、吐出周波数及び同時吐出イジェクタ数を変化させながら、インク滴8の滴体積、滴速、及びリフィル時間を調べた結果、その変動は、滴体積及び滴速は $\pm 2\%$ 以内、リフィル時間は $\pm 1.5 \mu\text{s}$ 以内の範囲に収まり、クロストークやリフィル時間増加が良好に抑制できることが確認された。

【0080】以上のように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、樹脂フィルムで構成した供給路プレート13が、共通流路4のエアドンパとして機能することにより、ノズルピッチ $P_c$ を500 $\mu\text{m}$ と更に小さく設定しても、共通流路4に十分な音響容量を確保することができ、良好なインクジェット記録ができた。また、共通流路4のくびれ部分にR部28を付与することにより、共通流路4内の気泡排出性を大幅に向上することができ、信頼性の高いインクジェット記録ヘッドを実

現することが可能となった。ノズル配列密度は、第1実施形態例と比較すると、約20%増加させることができ、3.3個/1mm<sup>2</sup>となった。

【0081】なお、本実施形態例では共通流路4の段差部（くびれ部）に一定の曲率半径Rを有するR部28を付与したが、共通流路4の平面形状が滑らかな曲線によって構成されていれば、必ずしも一定の曲率半径を有している必要はない。また、上記「滑らかな曲線」は、細かい直線の集合であってもかまわない。

### 【0082】第3実施形態例

図13は、本発明の第3実施形態例の基本構造を示している。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、複数のイジェクタ10、共通流路4、第2共通流路16、インク管路18a、18b、フィルタ19、及びインクタンク20によって構成されている。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、共通流路4及び第2共通流路16を含むインク供給系の流体抵抗（音響抵抗）を一定値以下に設定している。インク供給系の流体抵抗を一定値以下に設定することで、大きなインク滴8を多数のノズル2から同時に連続吐出することが可能となる。

【0083】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドの基本構造は、第2実施形態例で示したものと同一である。共通流路4にそれぞれイジェクタ10が連通している。それぞれの共通流路4は第2共通流路16に連通しており、第2共通流路16は、インク管路18b、フィルタ19、及びインク管路18aを介してインクタンク20と連通している。1本の共通流路4に10個のイジェクタ10を配設し、第2共通流路16に合わせて26本の共通流路4を接続することで、260個のイジェクタ10を有するインクジェット記録ヘッドが形成される。

【0084】図14は、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドを模式的に示している。共通流路4の幅は約400μm（平均幅）、高さは120μm、長さは約6mmに設定されている。また、第2共通流路16の幅は2.5mm、高さは約250μm、長さ（ $l_p'$ ）は約6mmに設定されている。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、各イジェクタが、図14に示すように配置されているため、各イジェクタから見た共通流路4の平均長さ（ $l_p$ ）は約3mm、第2共通流路16の平均長さ（ $l_p'$ ）は約3mmとなる。

【0085】一般に、断面が長方形である管路の流体抵抗（音響抵抗）は、次式を用いて算出することができる（ $\eta$ はインク粘度[Pa・s]、Sは管路断面積[m<sup>2</sup>]、zは管路断面のアスペクト比）。

【数4】

$$\frac{12\eta l}{S^2} \left\{ 0.33 + 1.02 \left( z + \frac{1}{z} \right) \right\} \quad (10)$$

従って、共通流路4の流路抵抗は $1.9 \times 10^{11} \text{Ns/m}^5$ 、第2共通流路の流路抵抗は $2.9 \times 10^9 \text{Ns/m}^5$ となる（ $\eta = 3 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ）となる。なお、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、第2共通流路を2分割し、それぞれにインク供給口17を設けているが、これは第2共通流路の長さ（ $l_p'$ ）を小さくし、流路抵抗を低減するためである。

【0086】また、インク管路18a及びインク管路18bは円管状であり、内径は2mmに設定されている。長さはインク管路18aが3mm、インク管路18bが20mmに設定されている。円形断面管路の流体抵抗は、次式から計算することができる（dは管路径[m]、lは管路長さ[m]）。

【数5】

$$r = \frac{128\eta l}{\pi d^4} \quad (11)$$

上式より、インク管路18a、18bの流路抵抗はそれぞれ $2.3 \times 10^7 \text{Ns/m}^5$ 、 $1.5 \times 10^8 \text{Ns/m}^5$ となる。フィルタ19は、約10μmの微細孔を有する金属メッシュであり、流路抵抗は実測結果から $1.0 \times 10^9 \text{Ns/m}^5$ と求められた。インクタンク20は、流路抵抗が非常に小さくなるように流路断面積が大きく設定されており、流路抵抗は $2.0 \times 10^8 \text{Ns/m}^5$ である。

【0087】ここで、インク供給系の流体抵抗の上限値について、本発明者が明らかにした知見について説明する。図15は、同一の共通流路4に接続された複数のイジェクタ10の等価回路を示している。本発明者は、図15に示した回路モデルを用いた等価回路解析、及び実際のインク滴吐出実験を行い、その結果、多数のイジェクタで高周波連続吐出を行うと、共通流路4内に圧力降下が発生し、これが個々のイジェクタ10のリフィル速度 $t_r$ を減少させる原因になることを見出した。以下、その内容について詳しく説明する。

【0088】ノズル2からインク滴8を連続吐出した場合、巨視的に見ればインクタンク20からノズル2に向かって準定常的な流れが生じていることになる。つまり、共通流路4を介して、インクがイジェクタ10に準定常的に供給される。こうした準定常的な流れを完全な定常流と見なした場合、等価回路は図15のように単純化することができる。

【0089】ここで問題となるのは、インクタンク20から共通流路4までを含むインク供給系全体の流体抵抗である。管路の入口と出口との圧力差は、流体抵抗をr、流量をQとすると、 $\Delta P = r \cdot Q$ で表される（ハーゲン・ポアズイユの法則）。イジェクタによるインク消費量（インク排出量）が大きい場合、インク供給系には大きな流量のインクが流れるが、この際、インク供給系の流体抵抗rが大きいと、インクタンク20と共通流路4の間に大きな圧力差が発生することになる。つまり、滴体積の大きなインク滴8を、多数のノズル2から高周波同時吐出させると、共通流路4内の圧力が低下してし



まう。

【0090】ここで、前述のリフィル動作について考えると、リフィル動作時においてインクは、メニスカス9の表面張力によって発生する圧力によって、共通流路4から圧力発生室1内へと導かれる。つまり、メニスカス9の表面張力で生じる圧力によって、ノズル2-共通流路4間に大きな圧力差が発生しなければ迅速なリフィルを実行することはできない。ところが、各イジェクタ10の同時・連続吐出によって共通流路4内に圧力降下が発生すると、ノズル2と共通流路4の間の圧力差が低減し、リフィル速度が低下してしまう。

【0091】図16は、共通流路の圧力変化( $\Delta P_p$ )とリフィル時間( $t_r$ )の関係を、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドを用いて実験的に調べた結果を示すグラフである。共通流路4内の圧力降下が800Pa以下であればリフィル時間はほぼ一定であるのに対し、800Pa以上になるとリフィル時間が急激に増加することがわかる。こうした $\Delta P_p$ と $t_r$ の関係は、インクの表面張力、ノズル径などによって多少変化するが、数多くの解析及び実験評価の結果、一般的なインクジェット記録装置(表面張力20~40mN/m、ノズル径15~40 $\mu$ m)では、共通流路内の圧力降下を800Pa以下に保てば、リフィル速度の低下を抑制することが可能となることが判明した。

【0092】共通流路4内での圧力降下の大きさを求めるには、インク供給系における各部分で発生する圧力降下を加算していけばよい。本実施形態例のインクジェット記録ヘッドにおいて、ノズル数Nを260、滴体積20plのインク滴を15kHzの吐出周波数で全てのイジェクタ10から連続吐出させた場合、インクの総流量は $7.8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ となる。インクタンク20の流路抵抗は、 $3.0 \times 10^8 \text{ N s/m}^5$ 、インク管路18aの流路抵抗は、 $2.3 \times 10^7 \text{ N s/m}^5$ 、及びフィルタ19の流路抵抗は、 $1.0 \times 10^9 \text{ N s/m}^5$ であるから、インクタンク20で発生する圧力降下量は、23.4Pa、インク管路18aで発生する圧力降下量は、1.8Pa、及びフィルタ19で発生する圧力降下量は、78Paとなる。

【0093】一方、インク管路18bは2本に分岐しているため、インク管路18b内の流量は $3.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ となる。インク管路18bの流路抵抗は $1.5 \times 10^8 \text{ N s/m}^5$ であるため、インク管路18bで発生する圧力降下量は5.9Paとなる。2本の第2共通流路16では、それぞれ流量が $3.9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ 、流路抵抗rが $2.9 \times 10^9 \text{ N s/m}^5$ であるため、圧力降下量は113Paとなる。共通流路4は各第2共通流路16に13本接続されているため、各共通流路4でのインク流量は $0.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ となる。共通流路4の流路抵抗rは $1.9 \times 10^{11} \text{ N s/m}^5$ であるため、圧力降下量は570Paとなる。従って、本実施形

態例のインクジェット記録ヘッドで、滴体積20plのインク滴を15kHzの吐出周波数で全イジェクタから連続吐出させた場合、インクタンク20と共通流路4との間に発生する圧力降下は、上で算出した圧力降下量を全て加算して、792Paとなる。

【0094】上記のように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、インク供給系の流路抵抗を小さく設定しているため、滴体積20plのインク滴を15kHzで全イジェクタから連続吐出させても、共通流路内の圧力降下を800Pa以下に抑えることができる。そのため、共通流路内の圧力降下に起因するリフィル時間増加を防ぐことができ、安定した高周波連続吐出を実行することができる。

【0095】図17は、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドにおいて、吐出周波数及び吐出インク滴体積を変化させて、吐出の安定性を調べた結果を示している。吐出の安定性は、吐出されるインク滴8の滴速で評価した。グラフに示されるように、インク滴体積が20plの場合には(A)、約16kHzまでは安定した吐出を実現することができた。また、滴体積を30plに増加した場合にも(B)、約10kHzまでは安定な吐出が可能であることが確かめられた。

【0096】比較対象として、共通流路4の高さを80 $\mu$ mに変更した場合の吐出実験結果を図17の破線(A')で示す。この場合、共通流路4の流路抵抗は $5.9 \times 10^{11} \text{ N s/m}^5$ となるため、滴体積20plのインク滴8を15kHzで全イジェクタ10から連続吐出させると、共通流路4内の圧力降下は約2000Paに増加する。この場合、共通流路内の圧力降下を800Pa以下とするという条件を満たすことができない。そのため、実験結果においても、吐出周波数6kHz以上で滴速が不安定となり、滴吐出が不安定化することが確認された。インク滴8の吐出状態をストロボ観察したところ、大径の滴と小径の滴とが交互に吐出されるような吐出状態になっていた。また、滴体積を30plに増加した場合には(B')、4kHz以上の吐出周波数で同様に滴吐出の不安定化が観察された。ただし、このヘッドにおいても、低周波駆動時には、全てのノズル2で安定した吐出が実現できていることから、共通流路4の音響容量は十分であるといえる。

【0097】以上の比較実験により、共通流路4の音響容量を大きく設定するだけでは安定した高周波吐出を実現することはできず、吐出滴体積、ノズル数、及び最高吐出周波数に対応してインク供給系の流路抵抗を好適に設定することにより、はじめて安定した全ノズル同時の連続吐出が実現できることが確認された。

【0098】本実施形態例の説明では、共通流路4の平均長さ $l_p$ 、及び第2共通流路16の平均長さ $l_{p'}$ を用いて流路抵抗及び圧力降下量の算出を行ったが、共通流路内の圧力降下を厳密に求めるためには、図15のよう



な等価回路を用いて計算を行うことが望ましい。

【0099】本実施形態例では、第2共通流路16を上下に分割しているが、これは第2共通流路16の所要幅を減少させるためである。すなわち、第2共通流路16を二分割すると、第2共通流路16の長さ $l_p'$ が減少するため、第2共通流路16の幅を小さく設定しても流体抵抗が増加しにくい。例えば、第1実施形態例のように、第2共通流路16を一本の流路として形成した場合、第2共通流路16の長さ $l_p'$ は7mm程度となる。そのため、第2共通流路16の流体抵抗を、本実施形態例と同等( $2.9 \times 10^{-9} \text{Ns/m}^5$ )にするためには、第2共通流路16の幅を5.5mm程度まで拡大することが必要となる(本実施形態例では、第2共通流路16の幅は2.5mm)。つまり、本実施形態例のように第2共通流路16を複数に分割すると、 $l_p'$ を減少することができるため、第2共通流路16の所要幅を大幅に低減することが可能となる。

【0100】インクジェット記録ヘッドのヘッド全幅を小さくすることは、印刷速度を向上させる上で極めて重要である。すなわち、ヘッドの全幅が小さいと、印刷時のヘッドの走行距離を短くすることができるため、ヘッド走査に要する時間を短縮し、結果的に印刷速度を低減することが可能となる。また、ヘッド全幅を小さくできると、記録用紙の左右に要するスペースを小さくすることができるため、インクジェット記録装置のサイズも減少することができるという効果も得ることができる。

【0101】また、本実施形態例のように、第2共通流路をイジェクタ群の横に配置することは、インクジェット記録装置における記録媒体(記録用紙など)の搬送精度を向上するのに有利となる。すなわち、インクジェット記録装置において、記録媒体はヘッド前後に設置されたローラ等によって保持・搬送されるが、ヘッドの全長( $L_H$ )が大きいと、ローラ間における記録媒体のたわみ等によって、記録媒体の搬送精度が悪化しやすい。そのため、ヘッド長さ $L_H$ は最低限に抑えることが重要であり、そうした観点からは、本実施形態例のように共通流路4の支流を主走査方向に対してほぼ平行に配置し、共通流路4の本流をイジェクタ群の横に配置したヘッド構造の方が望ましい。

#### 【0102】第4実施形態例

図18は、本発明の第4実施形態例における流路配置を模式的に示している。本実施形態例のイジェクタ構造は、共通流路4及び第2共通流路16の配置を除いて、第3実施形態例と同様である。共通流路4は、ヘッドの主走査方向に対してほぼ垂直に配置され、第2共通流路16は、主走査方向に対してほぼ平行となるように配置されている点に特徴がある。こうした共通流路4の配置では、第2共通流路16がイジェクタ群の横に配置されないため、主走査方向のヘッド幅を小さく設定でき、高速記録及び装置サイズの低減に更に有利なインクジェッ

ト記録ヘッドを実現することが可能となる。以下詳述する。

【0103】本実施形態例のインクジェット記録ヘッドは、図18に示すように、共通流路4を主走査方向に対してほぼ垂直となるように配置し、これらの共通流路4を主走査方向にほぼ平行となるように配置した第2共通流路16に接続している。共通流路4はヘッド中央を境として上下に分割されており、上半分の共通流路4は上部に配置された第2共通流路16に、下半分の共通流路4は下部に配置された第2共通流路16にそれぞれ接続されている。

【0104】共通流路4を複数に分割した構造は、共通流路の所要断面積を小さくするのに有利である。前述のように、安定した多ノズル同時高周波吐出を実現するためには、インク供給系の流路抵抗を小さく設定する必要がある。そのためには共通流路4の流路抵抗も小さく設定する必要がある。しかし、共通流路4の全長が長い場合、共通流路4の断面積を非常に大きく設定しないと流路抵抗を小さく設定することができない。図18に示すように共通流路を上下に二分割すると、共通流路の全長( $l_p$ )を短くすることができ、共通流路4の断面積が狭くても流路抵抗を小さくすることができる。

【0105】各共通流路4にはそれぞれイジェクタ10が接続されており、イジェクタは2次元配列されている。第2共通流路16の中央部にはインク供給口17が配設されており、このインク供給口を通じてインクタンク(図示せず)からインクが供給される。

【0106】以上のように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドでは、第2共通流路をイジェクタ群の上下に配置しているため、第1～第3実施形態例のインクジェット記録ヘッドに比べて、主走査方向のヘッド幅を小さく設定できている。本実施形態例では、ノズルピッチ $P_c$ を $600 \mu\text{m}$ に設定したため、主走査方向のヘッド幅は約6mmとなった。第1～第3実施形態例でのヘッド幅は8～10mmであるため、本実施形態例ではヘッド幅を2～4mm減少できた。

【0107】実際のインクジェット記録装置では、複数のインクジェット記録ヘッドが並べて配置されるため、ヘッド全体の幅としては更に大きく減少することが可能である。例えば、イエロー、マゼンタ、シアン、ブラックの4色に対応した4個のヘッドを並べた場合、第1～第3実施形態例よりもヘッドの全幅を約8～16mm減少することが可能となる。このように、本実施形態例のインクジェット記録ヘッドはヘッド全幅を小さくすることができるため、印刷速度の向上及び装置サイズの低減に極めて有利となる。

#### 【0108】第5実施形態例

図19は、本発明のインクジェット記録装置の実施形態例を示している。本実施形態例のインクジェット記録装置は、インクジェット記録ヘッドを搭載するキャリッジ

31、キャリッジ31を主走査方向に走査するための主走査機構33、記録媒体としての記録用紙34を副走査方向に搬送するための副走査機構35を含み構成されている。

【0109】インクジェット記録ヘッドはノズル面が記録用紙34と対向するようにキャリッジ31上に搭載され、主走査方向に搬送されながら記録用紙34に対してインク滴8を吐出することにより、一定のバンド領域38に対して記録を行う。次いで、記録用紙34を副走査方向に搬送し、再びキャリッジ31を主走査方向に搬送しながら次のバンド領域を記録する。こうした動作を複数回繰り返すことにより、記録用紙34の全面にわたって画像記録を行うことができる。

【0110】実際に、本実施形態例のインクジェット記録装置を用いて画像記録を行い、記録速度及び画像品質の評価を行った。インクジェット記録ヘッドには、上記第3実施形態例で述べたヘッド構造のものを使用した。ノズルピッチ $P_c$ は $500\mu\text{m}$ であり、 $1\text{mm}^2$ 当たりのノズル数は3.3個である。イエロー、マゼンタ、シアン、ブラックの4色に対応させて、1色あたり260個のイジェクタを有するマトリクス状配列ヘッドをキャリッジ31上に並べて配置し、記録用紙34上で4色のドットを重ねあわせることにより、フルカラーの画像記録を行った。

【0111】滴体積 $20\text{pl}$ 、記録解像度 $600\text{dpi}$ 、吐出周波数 $18\text{kHz}$ の条件でA4サイズ( $210\text{mm}\times 297\text{mm}$ )の画像を印刷した結果、約5秒間で印刷を完了することができ、極めて高い記録速度を実現することが実証された。また、音響的クロストークや多ノズル同時吐出時の吐出不安定化現象が抑制できているため、出力画像には非常に高い画品質を得ることができた。

【0112】比較例として、直線状の共通流路4を有する従来ヘッドを用いて、同様の画像出力実験を行った。この場合、共通流路4に十分な音響容量を確保するためにはノズルピッチ $P_c$ を $850\mu\text{m}$ に設定する必要がある、その結果、同じヘッド面積内に配列できるノズル数は150個が上限となった( $1\text{mm}^2$ 当たりのノズル数は2.0個)。そのため、A4サイズ( $210\text{mm}\times 297\text{mm}$ )の画像を記録するのに約9秒の時間を要し、記録速度は本実施形態例のインクジェット記録装置に比べて約 $1/2$ であった。

【0113】別の比較例として、直線状の共通流路4を有する従来ヘッド構造で、本実施形態例と同じくノズルピッチ $P_c$ を $500\mu\text{m}$ に設定したインクジェット記録ヘッドを用いて同様の画像出力実験を行った。この場合、本実施形態例と同じ260個/色のノズル数が確保できたが、共通流路4の幅は $150\mu\text{m}$ と小さいため、共通流路4の音響容量 $c_p$ は式(5)及び式(7)の条件を満たしていない。滴体積 $20\text{pl}$ 、記録解像度 $60$

$0\text{dpi}$ 、吐出周波数 $18\text{kHz}$ の条件でA4サイズ( $210\text{mm}\times 297\text{mm}$ )の画像を印刷した結果、約5秒間で印刷を完了することができたが、インク滴8の吐出状態が非常に不安定であり、また、画像出力中に不吐出ノズルが多数発生してしまったため、出力画像の品質は極めて悪かった。つまり、従来ヘッド構造で無理にノズル2の配列密度を増加させると、安定したインク滴吐出を実行できなくなることが実証された。

【0114】以上のように、本実施形態例のインクジェット記録装置では、共通流路をくびれ形状としているため、安定した吐出安定性を維持したままノズル配列密度(単位面積当たりのノズル数)を増加することができ、従来のインクジェット記録装置に比べて記録速度を大幅に増加できる。

【0115】なお、本実施形態例ではヘッドをキャリッジによって搬送しながら記録を行う形態としたが、ノズルを記録媒体の全幅にわたって配置したライン型ヘッドを用い、ヘッドを固定して、記録媒体のみを搬送しながら記録を行うなど、別の装置形態に本発明を適用することも可能である。

【0116】以上、本発明の実施形態例について説明したが、上記実施形態例は本発明に好適な実施の形態を示したものであり、本発明はこれらに限定されるものではない。すなわち、本発明の主旨を逸脱することなく、種々の変形、改良、修正、簡略化などを上記実施の形態に加えた他の形態を適用して、本発明を実施することができる。

【0117】例えば、上記実施形態例では、圧力発生手段として圧電アクチュエータを用いたが、静電力や磁力を利用した電気機械変換素子や、沸騰現象を利用して圧力を発生させるための電気熱変換素子など、他の圧力発生手段を用いてもかまわない。また、圧電アクチュエータとしても、本実施形態例で使用した単板型の圧電アクチュエータの他に、縦振動タイプの積層型圧電アクチュエータなど、別の形態のアクチュエータを用いてもかまわない。

【0118】また、上記実施形態例では、複数のプレートの積層によって流路を形成しているが、プレートの構成、材質などは上記実施形態例に限定されるわけではない。例えば、上記実施形態例ではノズルプレート又は供給路プレートを共通流路のエアダンパとして用いたが、エアダンパを構成する専用のプレートを挿入するなど、別のプレート構成のヘッドに対しても、本発明を適用することは可能である。また、セラミックス、ガラス、樹脂、シリコンなどの材料を用いて、流路を一体成型したようなヘッドに対しても、本発明は同様に適用可能である。

【0119】また、共通流路の形状は、図5のように共通流路の両側壁にくびれ(段差)を有する形状に限定されるわけではなく、図20のように共通流路の片側のみ

にくびれを設けた形状など、他の形状を用いても同様の効果を得ることが可能である。

【0120】また、共通流路構成は、図14に代わって、図21(a)、(b)、(c)に示す構成とすることも可能である。図21(a)は第2共通流路を上下に分割せずに、第2共通流路の両端にインク供給口を設けた例である。この場合にも、第2共通流路の長さ $l_p$ は図14と同一となる。また、図21(a)の流路構成では、第2共通流路に2方向からインクが供給されるため、ゴミ等によって第2共通流路の一部に流路詰まりが発生しても、吐出不良の発生を防止できるという効果がある。

【0121】また、図21(b)は、第2共通流路の中央部にインク供給口を設けた例である。この場合にも、第2共通流路の長さ $l_p$ は図14と同一となる。また、本構造では、インク供給口が一箇所となるため、インク供給系の構造が簡略化でき、ヘッドコストの低減等に有利となる。また、図21(c)は第2共通流路の両側に共通流路を連結した例である。この場合、共通流路の長さを半分にすることができるため、共通流路の所要断面積を低減できるという効果が得られる。なお、図21に示した共通流路構成は、本発明の好適な実施形態例を示したものであり、これ以外の共通流路構成とすることも可能である。

【0122】また、共通流路構成は、図18に代わって、図22(a)、(b)、(c)に示す構成とすることも可能である。図22(a)は共通流路4を上下に分割せずに、共通流路4の両端を第2共通流路16に接続した例である。この場合、共通流路4には2方向からインクが供給されるため、ゴミ等によって共通流路の一部に流路詰まりが発生しても、吐出不良の発生を防止できるという効果がある。

【0123】また、図22(b)は、上下に配置した第2共通流路16の夫々に2個のインク供給口17を設けた例である。この場合には、第2共通流路の長さ $l_p$ を減少できるため、第2共通流路の所要幅を低減でき、副走査方向のヘッド全長を減少できるという効果が得られる。ヘッド全長の縮小は、前述したように、安定した用紙搬送を実現する上で有利となる。

【0124】また、図22(c)は共通流路4及び上下に二分割されている第2共通流路16をそれぞれ二分割した例である。この場合、図22(b)と同様、第2共通流路の所要幅を低減でき、副走査方向のヘッド全長を減少できるという効果と共に、共通流路及び第2共通流路内におけるインクの淀み点(流速の遅い部分)の発生を防ぐことができ、共通流路及び第2共通流路内での気泡残留を抑制する上で有利となる。なお、図22に示した共通流路構成は、本発明の好適な実施形態例を示したものであり、これ以外の共通流路構成とすることも可能である。

【0125】また、上記実施形態例では、圧力発生室の形状を四角形としたが、円形や六角形など、他の形状の圧力発生室を用いることも可能である。更に、上記実施形態例では、ノズルの配置をほぼ格子状の配列としたが、ノズル配列はほぼ格子状のものに限定されるわけではなく、その他の2次元的配列方法を用いた場合においても本発明を適用することは可能である。

【0126】また、上記の実施形態例では記録紙上に着色インクを吐出して文字や画像などの記録を行うインクジェット記録ヘッド及びインクジェット記録装置を例にとったが、本明細書におけるインクジェット記録とは、記録紙上への文字や画像の記録に限定されるものではない。すなわち、記録媒体は紙に限定されるわけではなく、また、吐出する液体も着色インクに限定されるわけではない。例えば、高分子フィルムやガラス上に着色インクを吐出してディスプレイ用のカラーフィルタを作製したり、溶融状態のハンダを基板上に吐出して部品実装用のバンプを形成したりするなど、工業的に用いられる液滴噴射装置一般に対して、本発明を利用することも可能である。

#### 【0127】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ノズル配列密度の高いマトリクス配列ヘッドを実現することができ、記録速度の極めて高いインクジェット記録ヘッド及びインクジェット記録装置を実現することができる。

【0128】また、本発明によれば、共通流路を介した音響的クロストークや、多ノズル同時吐出時に発生する吐出不安定化現象を防止することができ、吐出特性の均一性及び安定性に優れたインクジェット記録ヘッド及びインクジェット記録装置を実現することが可能となる。

【0129】更に、本発明によれば、共通流路内での気泡残留を防ぐことができ、信頼性の高いマトリクス配列ヘッド及びインクジェット記録装置を実現することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態例のインクジェット記録ヘッドの断面図である。

【図2】本発明に係わる第1実施形態例のインクジェット記録ヘッドのプレート構成を示す斜視図である。

【図3】マトリクス配列ヘッドのイジェクタ配列を説明するための模式図である。

【図4】インク滴吐出実験で用いた駆動電圧波形を示すグラフである。

【図5】インクジェット記録ヘッドの平面形状を示す模式図である。

【図6】音響的クロストークの解析に用いた等価電気回路を示す回路図である。

【図7】共通流路の音響容量と音響的クロストークの発生率との関係を示すグラフである。

【図8】リフィル時間の解析に用いた等価電気回路を示す図である。

【図9】共通流路の音響容量とリフィル時間との関係を示すグラフである。

【図10】本発明に係わる第2実施形態例のインクジェット記録ヘッドのプレート構成を示す斜視図である。

【図11】第2実施形態例のインクジェット記録ヘッドの断面図である。

【図12】第2実施形態例のインクジェット記録ヘッドの平面形状を示す図である。

【図13】本発明に係わる第3実施形態例のインクジェット記録ヘッドの共通流路配置を示す図である。

【図14】第3実施形態例におけるインク供給系の構成を示す図である。

【図15】多ノズル連続吐出時における流路内圧力変化の解析に用いた等価電気回路を示す図である。

【図16】共通流路内圧力とリフィル時間の関係を示すグラフである。

【図17】第3実施形態例のインクジェット記録ヘッドの吐出特性を示すグラフである。

【図18】本発明に係わる第4実施形態例のインクジェット記録ヘッドの共通流路配置を示す図である。

【図19】本発明に係わるインクジェット記録装置の一実施形態例を示す図である。

【図20】第1実施形態例のインクジェット記録ヘッドの平面形状を示す図である。

【図21】第3実施形態例におけるインク供給系の構成を示す図である。

【図22】第4実施形態例のインクジェット記録ヘッドの共通流路配置を示す図である。

【図23】従来のインクジェット記録ヘッドの基本構造を示す断面図である。

【図24】インク滴吐出時におけるメニスカスの動きを説明するための模式図である。

【図25】リフィル時におけるメニスカスの位置変化を示すグラフである。

【図26】マルチノズル型インクジェット記録ヘッドの基本構造を示す図である。

【図27】マトリクス配列型のインクジェット記録ヘッドの基本構造を示す図である。

【図28】従来のマトリクス配列ヘッドの基本構造を示す図である。

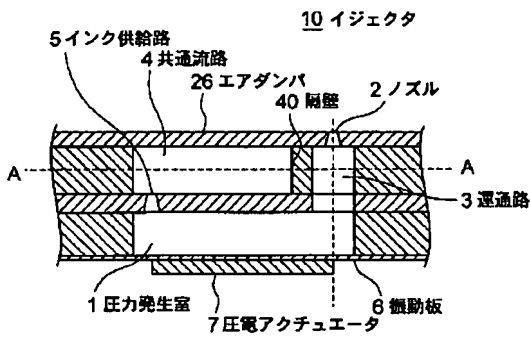
【図29】マトリクス配列ヘッドの等価電気回路を示す図である。

【図30】従来のマトリクス配列ヘッドの吐出特性を示すグラフである。

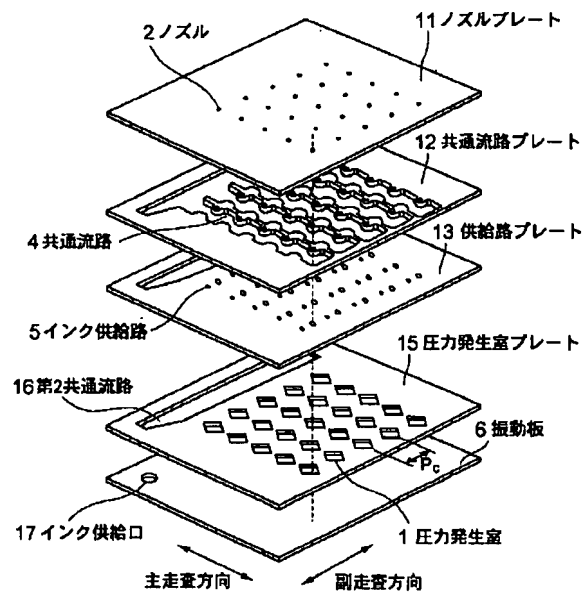
【符号の説明】

- 1：圧力発生室
- 2：ノズル
- 3：運通路
- 4：共通流路
- 5：インク供給路
- 6：振動板
- 7：圧電アクチュエータ
- 8：インク滴
- 9：メニスカス
- 10：イジェクタ
- 11：ノズルプレート
- 12：共通流路プレート
- 13：供給路プレート
- 14：運通路プレート
- 14'：プレート
- 15：圧力発生室プレート
- 16：第2共通流路
- 17：インク供給路
- 18a、18b：インク管路
- 19：フィルタ
- 20：インクタンク
- 21：インク供給系
- 22：凹部
- 23、24：流路
- 25：流路プレート
- 26：エアダンパ
- 28：R部
- 31：キャリッジ
- 33：主走査機構
- 34：記録用紙
- 35：副走査機構
- 38：バンド領域
- 40、41：隔壁

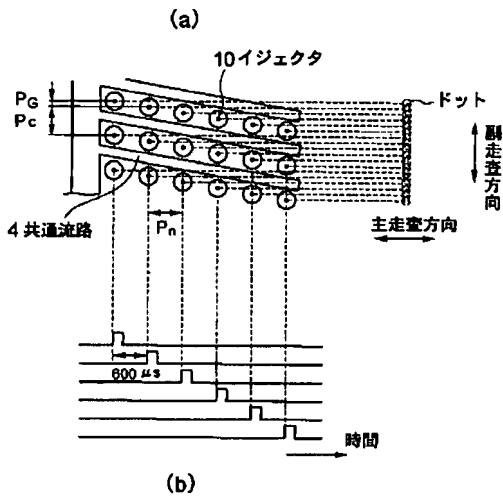
【図1】



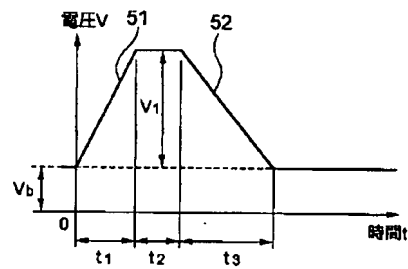
【図2】



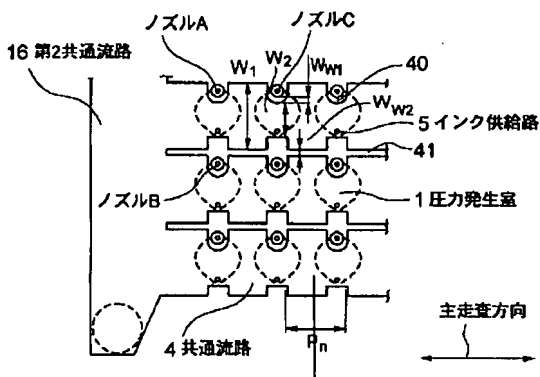
【図3】



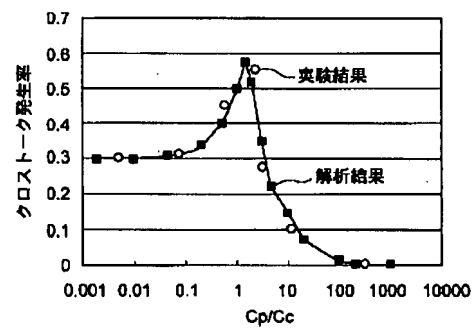
【図4】



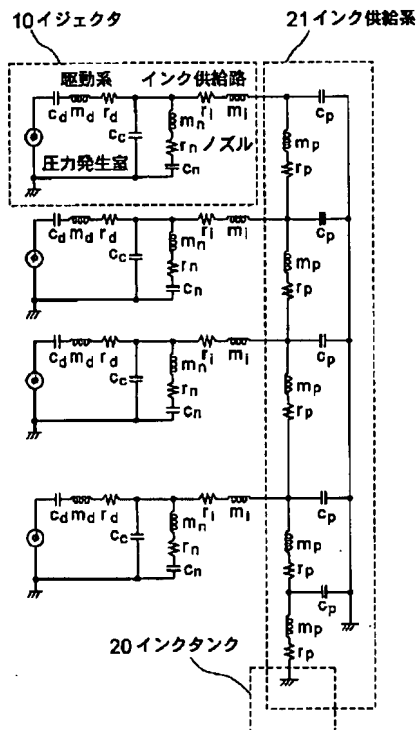
【図5】



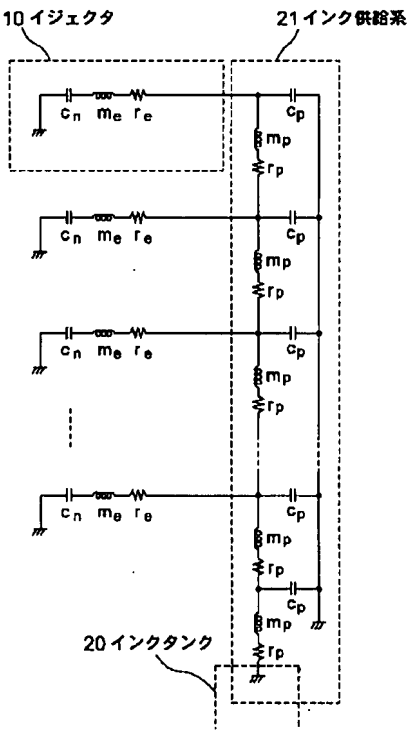
【図7】



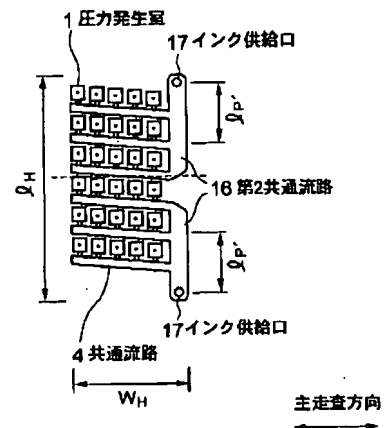
【図6】



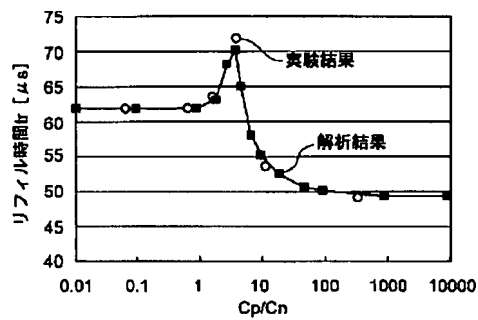
【図8】



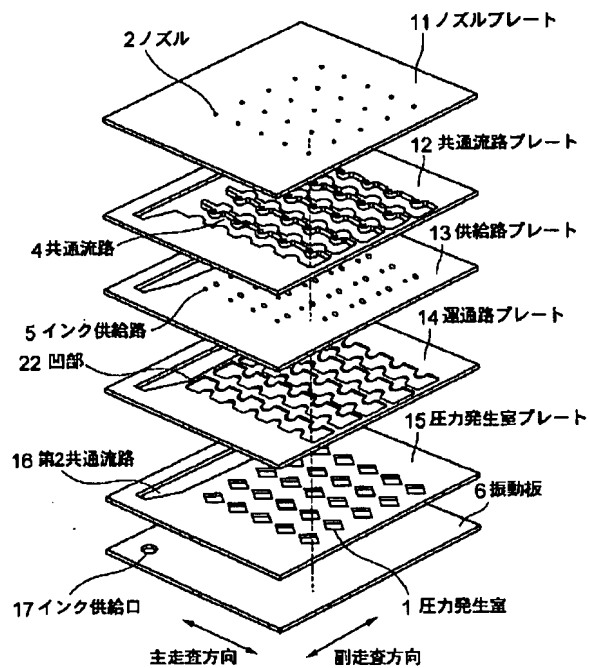
【図14】



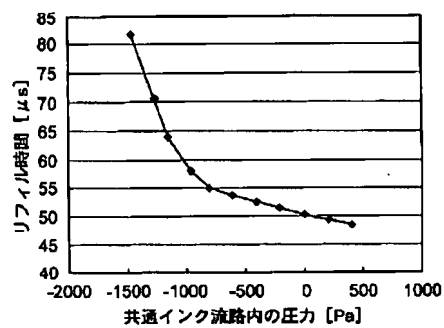
【図9】



【図10】

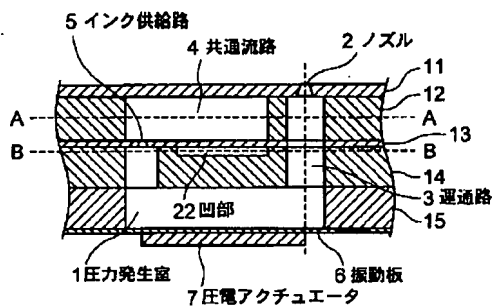


【図16】

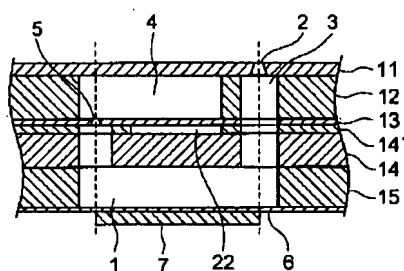


【図11】

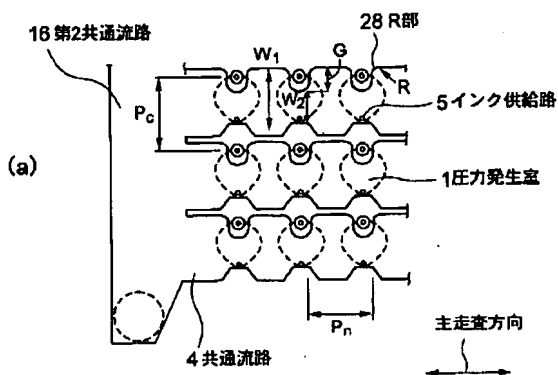
(a)



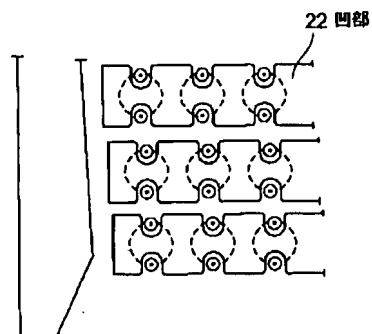
(b)



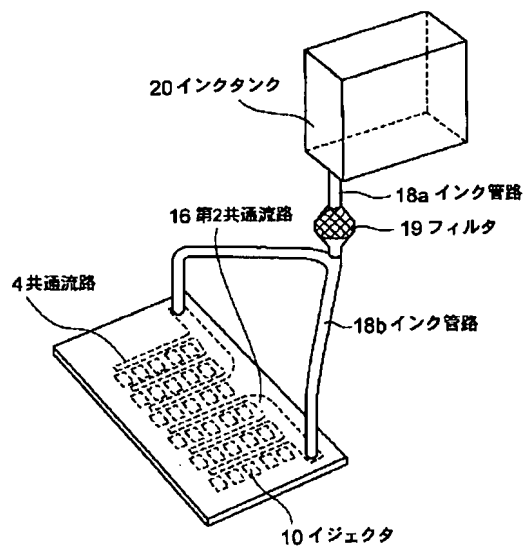
【図12】



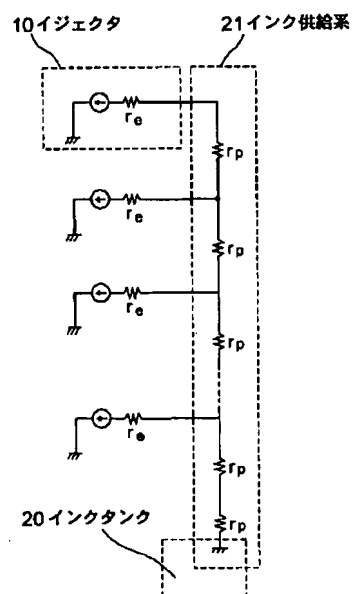
(b)



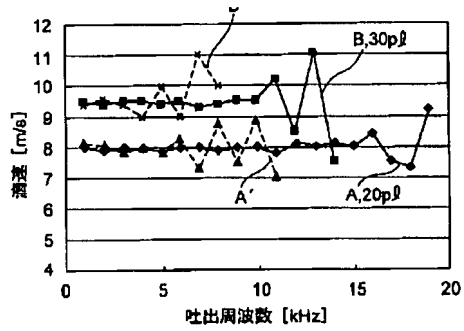
【図13】



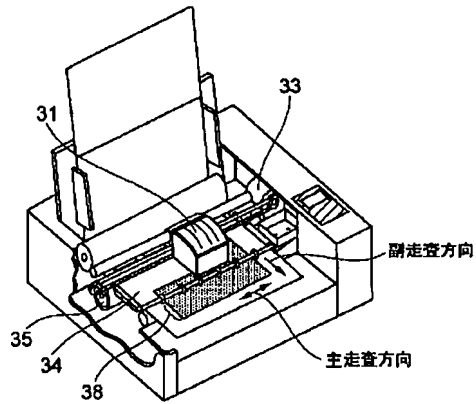
【図15】



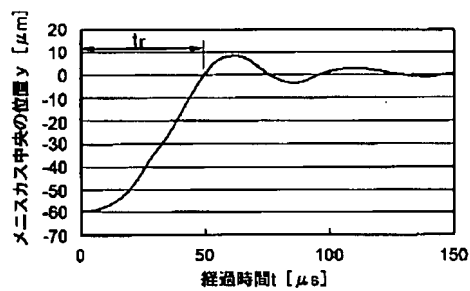
【図17】



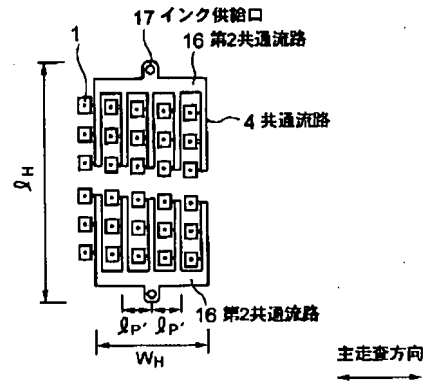
【図19】



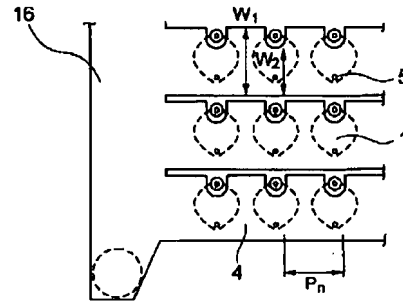
【図25】



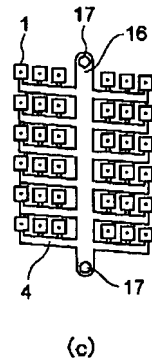
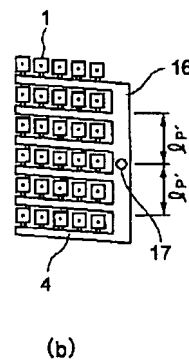
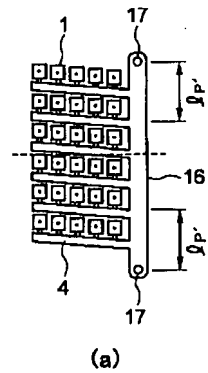
【図18】



【図20】

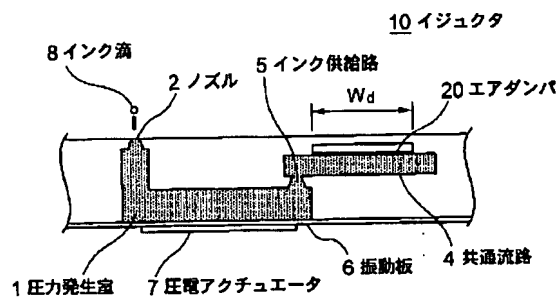


【図21】

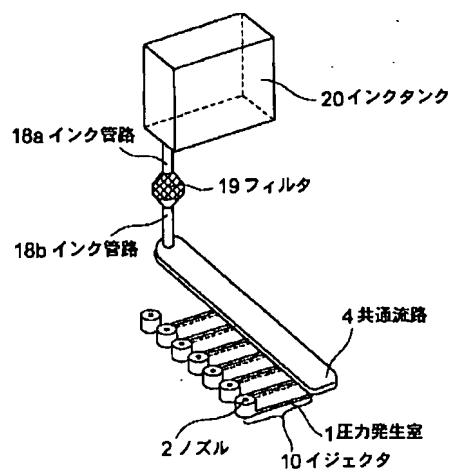
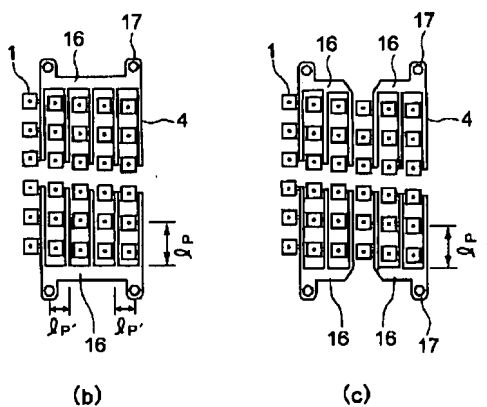




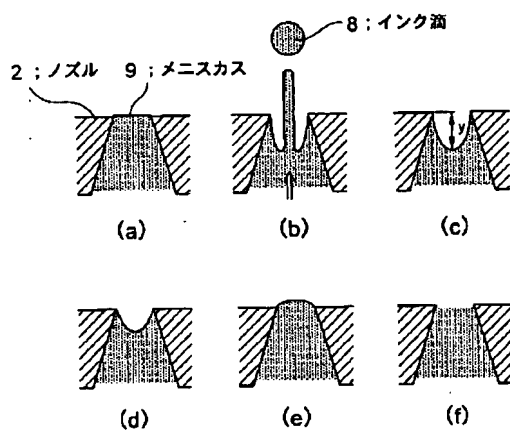
【图 2 3】



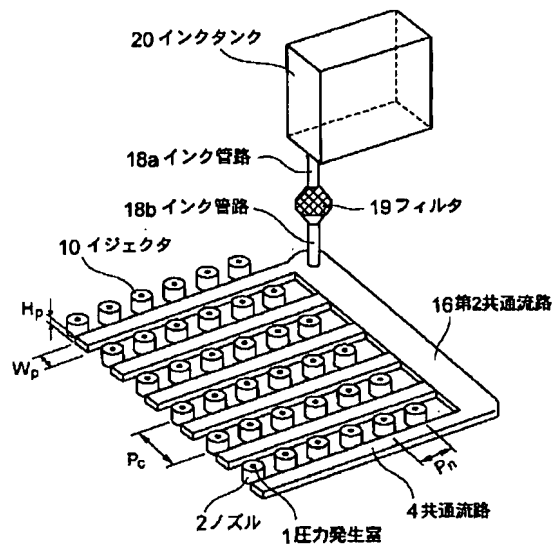
【图 2 6】



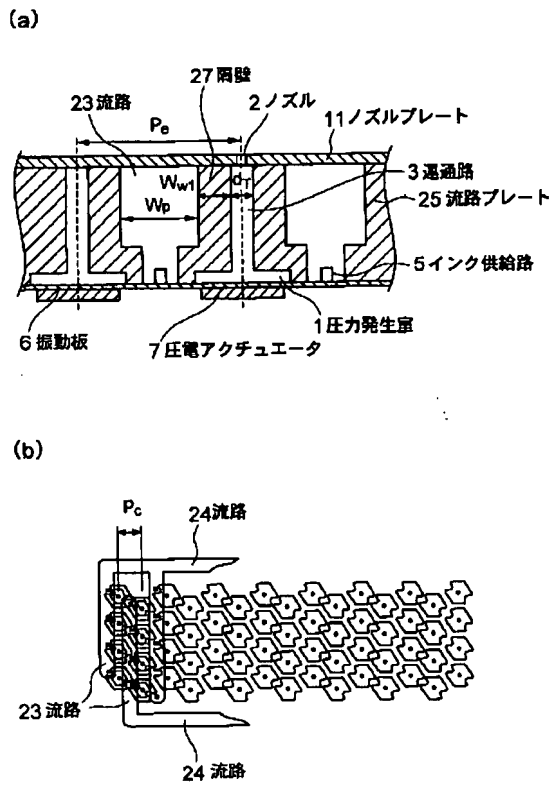
【図 2 4】



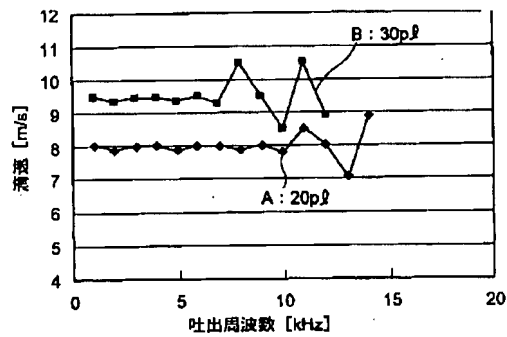
【図 27】



【図28】



【図30】



【図29】

